Postverlagsort Würzburg 2

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

BEGRÜNDET VON A. BERLINER UND C. THESING

UNTER BESONDERER MITWIRKUNG VON

ERICH v. HOLST

HERAUSGEGEBEN VON

ERNST LAMLA

BEIRAT:

J. BARTELS · E. BEDERKE · H. BROCKMANN · P. TEN BRUGGENCATE · C. W. CORRENS · H. v. FICKER
R. GRAMMEL · O. HAHN · R. HARDER · M. HARTMANN · W. HEISENBERG · K. HENKE · A. KÜHN
· M. v. LAUE · H. MARTIUS · R. W. POHL · H. REIN

ORGAN DER MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT ZUR FÖRDERUNG DER WISSENSCHAFTEN
ORGAN DER GESELLSCHAFT DEUTSCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

40. JAHRGANG **HEFT 6** (ZWEITES MÄRZHEFT) **1953**

INHALT:

Seite

AUFSÄTZE.

Zu HANS VON EULERS 80. Geburtstag. Von W. FRANKE . . . 177

Vergleichende Betrachtung der pflanzlichen Saftströme. Von B. HUBER 180

Neue Versuche über phänotypische Geschlechtsbestimmung bei Polychäten. Von C. HAUENSCHILD 186

Über die Bestimmung und Realisation des Geschlechts bei Süßwasserpolypen. Von L. WIESE 189

Gas-Emission im Körper von Tieren. Von O. HARNISCH . . 192

KURZE ORIGINALMITTEILUNGEN.

Überschallgeschwindigkeiten im Hochvakuum. Von H. KLUMB, E. ROBENS und O. SCHOLZ 196

Ein Gleichspannungsverstärker mit einer Spannungsempfindlichkeit von $1 \cdot 10^{-9}$ V bei geringem Innenwiderstand. Von W. KROEBEL 197

β-Zerfall und Bindungsenergie der Elektronenhülle: Das primäre β-Spektrum des RaD. Von E. HUSTER 197

Wanderweg eines atomtechnischen Aerosols. Von A. SITTKUS 198

Zusatz zu der vorstehenden Bemerkung von Herrn SITTKUS. Von W. HERBST und K. PHILIPP 198

Zum Mechanismus der Verfärbung von Alkalihalogenidschichten durch Kathodenstrahlen. Von K. H. JÜRGEN ROTTGARDT 199

Positiver Temperaturkoeffizient der Oberflächenspannung bei schmelzflüssigen metallischen Mischphasen. Von G. METZGER 199

Zur Lage des Wasserstoffs im Gitter kristalliner Hydroxyde. Von E. HARTERT und O. GLEMSER 199

Einwirkung von Brom auf Superpolyamide. Von H. v. HOVE . 200

Proteinnachweis auf Elektrophoresestreifen durch Ultraviolettabsorption. Von K. H. KIMBEL 200

Eine modifizierte Technik der Ringpapierchromatographie. Von E. SCHWERDTFEGER 201

Ein Bakterienstamm mit breitem antibiotischem Wirkungsspektrum. Von F. SCHWANITZ und H. HAHN 202

Verhalten der Granula in Knochenmarkzellen während der Teilung. Von R. GROSS und A. MAYER 202

Kern-Plasma-Mitochondrien-Relation als Zellcharakteristikum. Von H. LETTRÉ und R. LETTRÉ 203

Die Wirkung von Na-Benzyl-Penicillin auf die Samenkeimung und das Wurzelwachstum. (I. Mitteilung.) Von K. v. WEIHE 203

BESPRECHUNGEN.

B. BELLION und F. DE MICHELIS, L'Energia Atomica e sue applicazioni biologiche. (Ref.: K. WIRTZ) 204

Zur Struktur und Materie der Festkörper

Diskussionstagung der Sektion für Kristallkunde der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft am 1./2. Mai 1951 in Frankfurt a. M. Mit 95 Textabbildungen. VIII, 304 Seiten. 1952. DM 28.60

Inhaltsverzeichnis: **Begrüßungsansprache des Sektionsleiters H. O'Daniel-Frankfurt a. M. — Die phänomenologische Symmetrielehre in ihrer Anwendung auf den strukturell definierten Kristall-, Fourier- und Pattersonraum.** Von P. Niggli-Zürich. — **Translationsgruppen in η Dimensionen.** Von C. Hermann-Marburg. — **Die Verdampfung von Kristallen.** Von I. N. Stranski, O. Knacke und G. Wolff-Berlin. — **Die Beobachtung von Kristallkugeln als Forschungsmittel für Oberflächenvorgänge.** Von W. Kossel-Tübingen. — **Kooperative Fehlordnung in Kristallen.** Von H. Jagodzinski-Marburg. — **Der statistische Charakter der Feinstruktur hochmolekularer und kolloider Stoffe.** Von R. Hosemann-Berlin. — **Über die Existenzbedingungen von Glaszuständen.** Von A. Smekal-Graz. — **Der Einfluß von Brillouin-Zonen auf physikalisch-chemische Eigenschaften von Legierungen.** Von H. Witte-Darmstadt.

Der Diskussionstagung 1951 der „Sektion für Kristallkunde" der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft lag die Absicht zugrunde, in Vorträgen und Diskussionen einen möglichst weiten Rahmen allgemein kristallographischer Forschung auf den Gebieten der Kristallgeometrie, Kristallchemie und Kristallphysik abzustecken. Als dringendes Anliegen erschien es, zu den Gesprächen über den Kristall Mineralogen und Physikochemiker, Physiker und Chemiker zusammenzuführen und durch gemeinsames Bemühen das Wissen über Bau und Eigenschaften der Stoffe zu mehren. In den ersten Jahrzehnten dieses Jahrhunderts hat die Kristallographie, verankert in der Mineralogie, eine wesentliche Ausweitung erfahren, ganz besonders nachdem durch von Laue der Beweis von der regelmäßigen Diskontinuität der kristallisierten Materie erbracht war. Von da an wandten sich in zunehmendem Maße die Mathematik, die Physik und die Chemie dem Gebiete zu.
In der vorliegenden Veröffentlichung finden die Ergebnisse dieser fruchtbaren Gemeinschaftsarbeit ihren Niederschlag. Die Vorträge und Diskussionen der Frankfurter Tagung geben als Ganzes ein lebendiges Bild von dem Stand und den Hauptforschungsrichtungen des Arbeitsgebietes.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Begründet 1913 von *A. Berliner* und *C. Thesing*. 1934/35 herausgegeben von *H. Matthée*, 1936—1944 herausgegeben von *F. Süffert*, 1945—1949 herausgegeben von *A. Eucken*.

Beilage: „Mitteilungen der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte".

Bildet die Fortsetzung der „Naturwissenschaftlichen Rundschau". Begründet 1886 und bis 1912 (Jahrgang 27) herausgegeben von *J. Bernstein, V. Meyer, B. Schwalbe, W. Sklarek* u. a. Braunschweig, F. Vieweg & Sohn.

Organ der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte und Organ der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften, (seit 1948) Organ der Max-Planck-Gesellschaft.

Die **„Naturwissenschaften"** erscheinen zweimal monatlich. Bestellungen nimmt jede Buchhandlung, in den Westzonen auch jedes Postamt entgegen. Preis vierteljährlich 15.— DM, für das einzelne Heft 3.— DM, zuzüglich Postgebühren. Die Mitglieder der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte erhalten die Zeitschrift im Abonnement mit einem Nachlaß von 20%. Für Studierende der Naturwissenschaften ermäßigt sich der Bezugspreis auf vierteljährlich 11.25 DM zuzüglich Zustellgebühren. Lieferung läuft weiter, wenn nicht vier Wochen vor Quartalsschluß abbestellt wird. Der Bezugspreis ist im voraus zahlbar.

Nachdruck: Es wird ausdrücklich darauf aufmerksam gemacht, daß mit der Annahme des Manuskripts und seiner Veröffentlichung durch den Verlag das ausschließliche Verlagsrecht für alle Sprachen und Länder an den Verlag übergeht. Grundsätzlich dürfen nur Arbeiten eingereicht werden, die vorher weder im Inland noch im Ausland veröffentlicht worden sind und die auch nachträglich nicht anderweitig zu veröffentlichen der Autor sich verpflichtet.

Es ist ferner ohne ausdrückliche Genehmigung des Verlages nicht gestattet, photographische Vervielfältigungen, Mikrofilme, Mikrophote u. ä. von den Zeitschriftenheften, von einzelnen Beiträgen oder von Teilen daraus herzustellen.

Sonderdrucke: Den Verfassern von Originalbeiträgen und Kurzen Originalmitteilungen stehen 75 Exemplare kostenfrei zur Verfügung

Anzeigen werden von der Anzeigenabteilung des Verlages (Berlin W 35, Reichpietschufer 20 [Britischer Sektor], Tel. 249251) angenommen. Die Preise wolle man unter Angabe der Größe und des Platzes erfragen.

Vertriebs-Vertretung im Ausland:
Lange Maxwell & Springer Ltd., 41—45 Neal Street, London, W. C. 2

Springer-Verlag
Berlin · Göttingen · Heidelberg

Redaktionelle Hinweise.

I. Allgemeines.

1. Bei der Einsendung von Manuskripten an „Die Naturwissenschaften" bittet die Redaktion die Herren Autoren, stets im Auge zu behalten, daß die Zeitschrift in erster Linie den Wünschen und Interessen des weiten Kreises ihrer Leser zu dienen hat und daß daher ihnen gegenüber Sonderwünsche der Herren Autoren in bezug auf Inhalt, Form und Umfang ihrer Veröffentlichung zurücktreten müssen, falls die Redaktion dies für erforderlich hält.

2. Vor allem bittet die Redaktion, von der Einsendung von Aufsätzen Abstand zu nehmen, die nur für einen eng begrenzten Leserkreis verständlich und von Interesse sind, und die daher in einer Fachzeitschrift ihren richtigen Platz haben. Ausnahmen bilden knapp gefaßte Schilderungen der Ergebnisse eben fertiggestellter Arbeiten; für diese ist die Rubrik „KOM" („Kurze Originalmitteilungen") vorgesehen. Wegen Platzmangels sind allerdings auch hier gewisse Einschränkungen nötig. In bezug auf den Inhalt: Angenommen werden können nur wirklich wichtige Arbeiten (z. B. keine bloßen Analogiearbeiten). In bezug auf den Umfang: Im Durchschnitt kann für eine einzelne KOM nur der Raum einer Spalte (etwa 1000 Silben) zur Verfügung gestellt werden.

3. Die KOM erscheinen „unter ausschließlicher Verantwortung der Autoren". Eine wissenschaftlich-kritische Stellungnahme der Herausgeber zu ihrem Inhalt erfolgt nicht. Die Redaktion prüft lediglich, ob ein genügendes Allgemein-Interesse vorliegt.

4. „Kurze Originalmitteilungen" aus dem englischen und französischen Sprachgebiet können in der Originalsprache veröffentlicht werden.

II. Spezielle Hinweise.

Alle Sendungen und Zuschriften sind zu richten an:

Redaktion der Naturwissenschaften,
(20b) Göttingen, Theaterplatz 10, Fernsprecher 3371.

In sämtlichen Fällen erhalten die Autoren eine Bestätigung über das Eintreffen von Manuskripten sowie über deren Annahme oder Ablehnung. In den Aufsätzen sind seltene und nur einem kleinen Leserkreis verständliche Fachausdrücke nach Möglichkeit zu vermeiden oder in einer Fußnote kurz zu erläutern. Literaturzitate sind fortlaufend zu numerieren; die angeführten Arbeiten werden dann in einem Literaturverzeichnis am Schluß der Arbeit zusammengestellt. Bei Erläuterung des Textes durch Figuren ist überflüssiger Aufwand zu vermeiden. Figurenvorlagen für Strichätzungen sind so sorgfältig herzustellen, daß nach ihnen ohne weitere Rückfragen Reinzeichnungen angefertigt werden können. Diese werden zur Zeitersparnis den Autoren im allgemeinen nicht vorgelegt, sondern seitens der Redaktion kontrolliert.

Photographische Abbildungen (Autotypien) können gebracht werden, soweit sachlich erforderlich. In vielen Fällen läßt sich jedoch das Wesentliche durch eine (leichter reproduzierbare) Zeichnung ebensogut zeigen.

Korrekturen.

Die Autoren der Aufsätze, Berichte und Buchbesprechungen erhalten eine Fahnenkorrektur, deren umgehende Erledigung und Rücksendung erbeten wird.

Bei den KOM wird zur Beschleunigung des Erscheinens die Korrektur von Text und Abbildungen von der Redaktion besorgt, soweit nicht der Autor bei Einsendung des Manuskriptes ausdrücklich den Wunsch äußert, diese Arbeit selbst vorzunehmen. Bei KOM ohne Figuren soll hierdurch das Erscheinen innerhalb 4 Wochen nach Eingang bei der Redaktion ermöglicht werden.

Besprechungsexemplare.

Es wird gebeten, von der unverlangten Zusendung von Büchern, besonders kleineren Broschüren und Zeitschriften-Heften, abzusehen und zunächst eine Anfrage an die Redaktion zu richten, die dann von sich aus Exemplare anfordern wird. — Für die Rückgabe unverlangter Sendungen kann keine Gewähr übernommen werden.

Kalorisch-chemische Rechenaufgaben

Von Dr. **Mark von Stackelberg**, apl. Professor für physikalische Chemie an der Universität Bonn a. Rhein.
Mit 2 Abbildungen. III, 71 Seiten. 1952. DM 5.80

Inhaltsverzeichnis: Einleitung. — Vorbemerkungen. — **Aufgaben:** 1. Grundsätzliches zur Berechnung der Affinität. — 2. Reaktionen mit Entropieabnahme. — 3. Reaktionen, die mehr Arbeit liefern können als ihr Energieumsatz beträgt. — 4. Der Temperaturkoeffizient der Gleichgewichtskonstanten und der Affinität. — 5. Aerobes und anaerobes Leben. — 6. Einige Reaktionen mit Halogenen. — 7. Dämpfe unter Standard-Bedingungen. — 8. Warum brennt Tetrachlorkohlenstoff nicht? — 9. Darstellung von Alkohol aus Äthylen und Wasser. — 10. Kohlenstoff und Sauerstoff. — 11. Kohlenstoff und Wasserstoff. — 12. Ungesättigte und aromatische Kohlenwasserstoffe. — 13. Darstellung von Acetylen aus Methan. — 14. Die relative Stabilität von Isomeren. — 15. Blei, Zink und Silber. — 16. Die Dissoziation der Erdalkalicarbonate. — 17. Das NO-Gleichgewicht. — 18. $CS_2 + CO_2 = 2COS$. — 19. Die O_3-Dissoziation. — 20. Die Darstellung von Tetrachlorkohlenstoff und Schwefelkohlenstoff. — 21. Silbersalze. — 22. Zur Photochemie der Silberhalogenide. — 23. Zum Reaktionsmechanismus der Halogenwasserstoff-Bildung. — 24. Energie-Speicherung und -Transport im lebenden Organismus. — 25. EMK-Berechnungen. — 26. Freie Energie und freie Enthalpie. — 27. Berechnung von Aktivitäten (A). 28. Berechnung von Aktivitäten (B). — 29. Die EMK des Bleiakkumulators. — 30. Gashydrate. — 31. Reziproke Salzpaare. — **Lösungen der Aufgaben.** — **Anhang:** Zur Klärung des Affinitätsbegriffes.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

DIE NATURWISSENSCHAFTEN

Jahrgang 40 Heft 6 (Zweites Märzheft) 1953

Zu Hans von Eulers 80. Geburtstag.

Von WILHELM FRANKE, Köln.

Am 15. Februar dieses Jahres trat HANS VON EULER, einer der großen Biochemiker unserer Zeit, in das neunte Jahrzehnt eines reichen und erfüllten Lebens. Auf einem Umweg, nämlich durch die Beschäftigung mit Problemen der Farbenlehre, kommt der gebürtige Augsburger, Sohn eines bayrischen Offiziers und einer griechischen Mutter, als Zwanzigjähriger zur Naturwissenschaft; denn zuerst will er Künstler, Maler werden. Und auf einem weiteren Umweg, nämlich über reaktionskinetische Studien, gelangt der junge Chemiker, der Schüler LANDOLTs, NERNSTs und VAN 'T HOFFs, von der physikalischen zur physiologischen Chemie, zunächst im besonderen zur Enzymchemie. Inzwischen hat der große ARRHENIUS den jungen Berliner Doktor nach Stockholm geholt, wo er sich 1899 in physikalischer Chemie habilitiert. Hier beginnt eine ungewöhnlich reiche und vielseitige wissenschaftliche Produktion, die auch heute noch nicht abgeschlossen ist. Überwiegen anfangs physikalisch-chemische und — unter dem Eindruck kürzerer Aufenthalte v. EULERs in den Laboratorien HANTZSCHs und THIELEs — organisch-chemische Arbeiten, so treten später in steigendem Maße biochemische Probleme in den Vordergrund, wohl unter dem Einfluß seines „Entdeckers" ARRHENIUS, der ja selbst ein Bahnbrecher in der Anwendung physikochemischer Gesetze und Methoden auf die Probleme der Protein-, Enzym- und Immunochemie war. Äußere Erfolge lassen nicht lange auf sich warten: 1906 erfolgt die Ernennung zum o. Professor für allgemeine und organische Chemie an der Universität Stockholm, wozu 1929 auch noch die Übertragung der Leitung des aus Stiftungsgeldern neu errichteten Biochemischen Instituts kommt. Im gleichen Jahre erhält v. EULER den Nobelpreis für seine Untersuchungen über die Vergärung der Zuckerarten und die dabei wirksamen Enzyme, zusammen mit dem Engländer A. HARDEN, dessen Arbeiten über die Rolle der Phosphorsäure und der Cozymase bei der alkoholischen Gärung einerseits die Grundlage der späteren v. EULERschen Untersuchungen bildeten, andererseits in ihrer wahren Bedeutung erst durch diese herausgestellt wurden.

Wenn HANS VON EULER durch seinen beruflichen Werdegang und seine beiden Ehen auch mit seiner neuen Heimat eng verwachsen ist, so hat er die alte doch nie vergessen. In beiden Weltkriegen hat er die deutsche Sache vertreten, im ersten sogar als Freiwilliger, dessen Fronteinsatz als Flieger, unter anderem an der türkischen Front, mit hohen Auszeichnungen bedacht wurde. Sein Eintreten für Deutschland auch im zweiten Weltkriege haben ihm viele seiner neuen Landsleute nicht verziehen, ebenso wenig wie sie es bei dem anderen großen Deutschenfreund Schwedens, SVEN HEDIN, getan haben. VON EULERs Standpunkt und Haltung in diesen Dingen waren aber weit mehr die des Offiziers als die des Politikers. Darüber hinaus hat er die Pflichten des Wissenschaftlers und Menschen nicht versäumt. All diejenigen, die in der Zeit nach 1933 bis in die ersten Jahre des Weltkriegs im v. EULERschen Institut tätig waren, werden es nicht vergessen, wie zwanglos und kameradschaftlich dort unter einem Dach Assistenten und Stipendiaten aus dem „neuen" Deutschland neben deutschen und polnischen Emigranten, die dort Asyl und Arbeitsmöglichkeit gefunden hatten, zusammenarbeiteten. Ebenso unvergessen sei es, wie nach dem Kriege v. EULER in bewährter Kollegialität manchem seiner Kollegen und Schüler, der durch neue Grenzen oder neue politische Wertungen um Amt und Forschungsmöglichkeit gekommen war, durch Einladung nach Schweden, Befürwortung und auf andere Weise erste Hilfestellung leistete.

VON EULERs gute Beziehungen zu seiner alten Heimat beruhten immer auf Gegenseitigkeit. Wenn auch in seinem Institut im Laufe der Jahrzehnte Gäste und Schüler aus aller Welt tätig waren, so stellten das Hauptkontingent doch immer die aus Deutschland Kommenden. Namentlich ab Mitte der Zwanzigerjahre reißt die Kette junger deutscher Biochemiker, die in Stockholm Ausbildung und Blickfeld zu erweitern suchen, nicht mehr ab — es erinnert irgendwie an die Zeit vor ziemlich genau einem Jahrhundert, als der deutsche chemische Nachwuchs zum Altmeister der Chemie (einschließlich der Biochemie), J. J. BERZELIUS, nach Stockholm wallfahrtete. Wohl jeder, der längere Zeit im v. EULERschen Institut verbringen durfte, hat den besonderen Reiz seiner gastlichen Atmosphäre, die ein Stück Heimat mitten im Ausland in sich schloß, verspürt.

VON EULERs Aufstieg zur Meisterschaft war nicht rasch und frappierend; es war eher ein sachtes, aber stetiges Wachsen und Reifen, dann aber auch ein erstaunlich langes Halten der einmal erreichten Höhe — ein nach W. OSTWALDs Definition für den „Klassiker" typisches Entwicklungsbild. VON EULERs beste Arbeiten — wohl die der Zwanziger- und Dreißigerjahre — entstehen lange nach Erreichung des „Schwabenalters". Phantasie und Intuition, das Gefühl für das Mögliche und Aussichtsreiche, kurz, die „feine Nase", sind v. EULER bis ins hohe Alter erhalten geblieben.

VON EULERs Gesamtwerk zu überschauen, ist schwierig. Seine publizistische Fruchtbarkeit war enorm, beinahe schon sprichwörtlich; Tausende von Veröffentlichungen sind ihr entsprossen. Nicht alle sind Meisterwerke, können es gar nicht sein. Aber zwischen Sand und Steinen liegen die großen Quader, aus denen das Haus der Wissenschaft aufgebaut wird; und auch ihrer sind es noch viele. Es ist nur die andere Seite der Vielseitigkeit und des ungemein in die Breite gehenden Arbeitsstils v. EULERs, daß er wie kaum ein anderer Biochemiker seiner Zeit Querverbindungen herstellte, daß er Analoges und Homologes in zunächst getrennten Stoffgruppen (Vitamine, Hormone, Enzyme, Antikörper, Viren, Gene) erkannte

und durch neue Wortbildungen und Begriffe (Biokatalysatoren, Ergone und Antiergone, Vitazyme, Hormozyme, Enzymoide u. ä.) Gemeinsames herausstellte.

Es hat immer große Experimentatoren gegeben, denen das Bücherschreiben ein Greuel war. Vielleicht haben sie vom Standpunkte der persönlichen Arbeitsökonomie recht, aber entziehen sie sich nicht doch irgendwie einer gewissen Verpflichtung gegenüber der wissenschaftlichen Mit- und Nachwelt? VON EULER hat jedenfalls nicht zu ihnen gehört. Von Zeit zu Zeit hat er immer wieder zu Nutz und Frommen von Kollegen und Studenten in Monographie- oder Lehrbuchform zusammenfassend über Teilgebiete der Biochemie berichtet, die ihm jeweils besonders am Herzen lagen. So spannt sich ein weiter Bogen von den „Grundlagen und Ergebnissen der Pflanzenchemie" (1908/09) über die „Chemie der Hefe und die alkoholische Gärung" (mit P. LINDNER 1915) und die „Biokatalysatoren" (1930) zur „Biochemie der Tumoren" (mit B. SKARZYNSKI 1942) und zu den „Reduktonen" (mit H. HASSELQUIST 1950). Das Kernstück seines literarischen Schaffens macht aber zweifellos seine 1910 begonnene, 1925—1934 in 3. Auflage erschienene „Chemie der Enzyme" aus, für die er eine Reihe von Mitarbeitern (K. MYRBÄCK, K. JOSEPHSON, K. SJÖBERG, K. ZEILE, W. FRANKE, R. NILSSON) heranzog. VON EULERS Enzymwerk behauptete in der enzymchemischen Weltliteratur lange seinen Platz neben C. OPPENHEIMERS kompilatorischem Meisterwerk, weniger vollständig, dafür aber lebendiger, persönlicher, dem Experiment näher als dieses. Es gehört auch zu den betrüblichen Folgen des verlorenen Krieges, daß dieses treffliche Werk, von dem noch zwei Bände erscheinen sollten, ein Torso bleiben muß, daß auch auf diesem Gebiete die Führung aus deutschen in amerikanische Hände übergegangen ist.

Wenn zuletzt versucht werden soll, für den Fernerstehenden ein paar Worte über H. v. EULERS wissenschaftliches Lebenswerk zu sagen, dann muß dieser Versuch von vornherein als ziemlich aussichtslos erscheinen; denn es umfaßt praktisch alle Gebiete der Chemie, von der anorganischen, organischen und physikalischen Chemie über die Vitamin-, Hormon- und Enzymchemie bis zur Immunochemie und zur chemischen Genetik. Unverkennbar liegt jedoch der Schwerpunkt auf enzymchemischem Gebiete, das im folgenden daher in erster Linie behandelt werden soll.

Die ersten beiden Jahrzehnte in v. EULERS selbständigem Schaffen sind durch das Nebeneinander physikochemischer und enzymchemischer Untersuchungen charakterisiert, wobei das wichtigste verknüpfende Band das Studium der *Reaktionskinetik*, die Suche nach den „reaktionsvermittelnden Molekeln" bei katalytischen Reaktionen darstellt. Besonders ergiebig waren Fälle wie die Rohrzuckerspaltung, wo am gleichen Substrat enzymatische und nichtenzymatische Reaktion vergleichend studiert werden konnten. Es wird erkannt (1922), wie gleiche Inversionsgeschwindigkeit auf zweierlei Weise erreicht wird: „durch *Saccharase*, deren sehr geringe Menge mit großer Affinität an den Rohrzucker gebunden ist; durch *Salzsäure*, die in viel größerer Konzentration verwendet werden muß, da sie mit sehr viel kleinerer Affinität am Rohrzucker haftet." Auch der — später (LINEWEAVER 1939) als allgemeiner gültig erkannte — Befund, daß Temperaturkoeffizient und Aktivierungswärme der enzymatischen Reaktion tiefer liegen als die der nichtenzymatischen (v. EULER und AF UGGLAS 1910), findet auf Grund eingehender kinetischer Analyse an der Rohrzuckerspaltung seine Deutung (v. EULER und LAURIN 1919, v. EULER, MYRBÄCK und RUDBERG 1923).

Schon vorher hatten v. EULER und KULLBERG (1911) einen Vorstoß in das problematische Gebiet der *Molekulargewichtsbestimmung von Enzymen* auf Grund von Messungen des Diffusionskoeffizienten unternommen, wobei für Saccharase Werte von etwa 27000 erhalten wurden, die sich auch bei späterer weitgehender Reinigung des Ferments (v. EULER und JOSEPHSON 1923) nicht sehr wesentlich änderten. Hier war also die für die meisten Sphäroproteine einschließlich der Fermente übliche Größenordnung schon richtig erkannt.

Zahlreiche Untersuchungen der früheren Periode beziehen sich auf die Abhängigkeit der Enzymwirkungen vom *Milieu* und den verschiedensten *chemischen Faktoren*. Die (glockenförmige) Aktivitäts-p_H-Kurve der Saccharase wird — mit einigen Zusatzannahmen — auf die Dissoziationsrestkurve eines Ampholyten zurückgeführt, so daß schließlich mit einer einzigen Formel der Aktivitätsverlauf zwischen p_H 1,9 und 7,3 exakt wiedergegeben werden kann (v. EULER, JOSEPHSON und MYRBÄCK 1924, JOSEPHSON 1924, v. EULER und JOSEPHSON 1926, MYRBÄCK 1926). Im Zusammenhang mit diesen Untersuchungen und zum Teil schon vorher wurde mit Erfolg versucht, durch systematisch variierte Zusätze von *Hemmstoffen* (*Inhibitoren*) gewisse für die Enzymwirkung wichtige Bezirke der Enzymmolekel (z.B. NH_2- und CO-Gruppen) auszumachen (v. EULER und SVANBERG 1919/20, MYRBÄCK 1926), ein Verfahren, das später bei Oxydationsfermenten seine größten Triumphe feiern sollte. Um die gleiche Zeit (1925/26) begründete v. EULER (mit JOSEPHSON) zur Deutung der Affinitätsverhältnisse der Saccharase seine bekannte *Zwei-Affinitäts-Theorie*, wonach das Enzym zwei Affinitätsstellen besitzt: Eine streng spezifische für die Bindung der Fruktosekomponente und eine gruppenspezifische, die vom Glukoseanteil, aber auch von einer Reihe anderer Zucker abgesättigt werden kann.

In den Zwanzigerjahren verschiebt sich das Schwergewicht in der Enzymforschung von der physikochemischen nach der *chemisch-präparativen* Seite. In dem Bestreben, durch neue Reinigungsmethoden schließlich zu „Reinfermenten" zu gelangen, stehen die Schulen v. EULERS in Stockholm und WILLSTÄTTERS in München in vorderster Linie und bisweilen auch im Gegensatz zueinander. VON EULER widmet sich vorzugsweise der Reinigung der Katalase und der Saccharase, deren 200- bzw. 2000fache Anreicherung 1926/27 (mit JOSEPHSON) gelingt, wenn auch die Merkmale der analytischen Reinheit nicht erreicht werden. Als wichtigstes Teilresultat der v. EULERschen wie auch der gleichartig verlaufenden WILLSTÄTTERschen Untersuchungen bleibt immerhin die Erkenntnis von der zusammengesetzten Natur der Fermente, ihrem Aufbau aus niedermolekularer *reaktionsfähiger Gruppe* und hochmolekularem *kolloidem Träger*. Während aber WILLSTÄTTER noch 1926 hinsichtlich der stofflichen Natur der Fermente, deren Stoffbestand ja zum weit überwiegenden Teile durch die Trägersubstanz

bedingt anzunehmen war, lediglich zu negativen Feststellungen gelangte, neigt v. EULER auf Grund der an der Saccharase erhaltenen analytischen Daten durchaus zu der Auffassung, daß der kolloide Träger von „proteinähnlicher Natur" ist. Die weitere Entwicklung der Enzymchemie gab ihm recht; noch 1926 glückte SUMNER die Darstellung des ersten kristallisierten Fermentproteins, der Urease, der sich einige Jahre später im NORTHROPschen Laboratorium die Isolierung weiterer Fermentproteine (vom Proteasetyp) anschloß.

Gegen Ende der Zwanzigerjahre verlagert sich das Hauptinteresse der Enzymchemiker von den Hydrolasen auf die *Oxydationsfermente* und zugleich von den komplexen Fermentmolekeln auf deren *aktive Gruppen*. Nachdem WARBURG 1928 mit neuartiger optisch-manometrischer Inhibitormethodik an der lebenden Hefezelle der Nachweis eines besonderen Häminkörpers als „prosthetischer" Gruppe im „Atmungsferment" (von KEILIN etwas später mit der Cytochromoxydase identifiziert) gelungen war, folgte die v. EULERsche Schule mit der ersten „Partialanalyse" eines von der Zelle abtrennbaren und in Lösung überführbaren Ferments: ZEILE und HELLSTRÖM erbringen 1930 im v. EULERschen Laboratorium an der *Katalase* den Nachweis einer exakten Parallelität zwischen enzymatischer Aktivität und Protohämingehalt.

Die weitere Entwicklung der v. EULERschen Enzymarbeiten steht in engem Zusammenhang mit seinen Untersuchungen über Chemismus und Mechanismus der *Gärungsvorgänge*, wobei an die einleitend schon erwähnten Arbeiten A. HARDENs, die die HARDEN-YOUNGsche Gärungsgleichung einschlossen, angeknüpft wird. VON EULER erkannte frühzeitig die bedeutsame Rolle der *Phosphorylierung* bei den Gärungsvorgängen, dies im Gegensatz zu den damals noch recht allgemein anerkannten Formulierungen des NEUBERGschen Gärungsschemas. Um 1930 entwickeln v. EULER und NILSSON die Vorstellung, daß primär zwei Molekeln *Hexosemonophosphat* (ROBISON-Ester) zu zwei Molekeln Phosphoglycerinaldehyd und zwei Molekeln eines C_3-Körpers zerfallen, der dann über Methylglyoxalhydrat zu den Endprodukten der Gärung bzw. Glykolyse umgesetzt werden soll, während die beiden Triosephosphatmolekeln sich zu einer Molekel Hexosediphosphat (HARDEN-YOUNG-Ester) vereinigen sollen. Mag dieser geistreiche und eingängige Deutungsversuch, der zwangsläufig zur HARDEN-YOUNGschen Gärungsgleichung führte, sich später auf Grund der Versuche EMBDENs und MEYERHOFs auch nicht haben halten lassen, so nimmt er doch wesentliche Punkte des modernen Gärungsschemas voraus. Wie nahe die v. EULERsche Schule schon 1930 der Erkenntnis des wahren Gärungsablaufs war, zeigen die Versuche NILSSONs, der aus Gärungsansätzen mit Hexosediphosphat, Acetaldehyd und Natriumfluorid erstmals *Phosphoglycerinsäure* isolieren konnte.

Große Verdienste erwarben sich v. EULER und Mitarbeiter um die Aufklärung der Wirkungsweise und der Konstitution der *Cozymase* als eines Nicotinsäureadenin-dinucleotids, wenn auch die rasche Konstitutionsaufklärung dieses „Diphospho-pyridin-nucleotids" (v. EULER, ALBERS, SCHLENK 1935/36) durch die kurz zuvor von WARBURG und CHRISTIAN an dem von ihnen entdeckten Coferment aus roten Pferdeblutzellen („Triphospho-pyridin-nucleotid") durchgeführten Untersuchungen wesentlich erleichtert worden war. Daß Cozymase als *Coredoxase* zu wirken vermag, hatten schon 10 Jahre vorher v. EULER und NILSSON im System mit Hexosediphosphat und Methylenblau festgestellt. Nachdem ANDERSSON 1933 im v. EULERschen Institut gefunden hatte, daß auch die Dehydrierung einer ganzen Reihe von Nichtkohlenhydrat-Substraten mit Hefe- und Samenenzymen durch Cozymase aktiviert wurde, während dialysierte Fermentpräparate sich als unwirksam erwiesen, setzte sich die Erkenntnis durch, daß die Cozymase in viel allgemeinerer Form als *Codehydrase* (Codehydrase I im Gegensatz zu der viel beschränkter wirksamen Codehydrase II = WARBURGs Coferment) fungiere. Es war eine wichtige Begriffserweiterung, als der v. EULERsche Arbeitskreis in den dialysierbaren Codehydrasen die prosthetischen Gruppen der Dehydrierungsfermente sah (nachdem in den bisher untersuchten Oxydationsfermenten wie Hämin- und Flavinfermenten die prosthetische Gruppe fast durchweg als fest und nichtdialysierbar gebunden erkannt worden war) und den Formulierungen WILLSTÄTTERs

Ferment = aktive Gruppe + Träger

und WARBURGs

Proteid = prosthetische Gruppe + Protein

die Formulierung

Holoferment = Coferment + Apoferment

als gleichwertig gegenüberstellte (v. EULER, ADLER, SCHLENK und GÜNTHER 1935). Dabei bedingt das Coferment die *Wirkungsspezifität*, das Apoferment die *Substratspezifität*, eine sinnvolle Abwandlung der älteren v. EULERschen Zwei-Affinitäts-Theorie. Die Codehydrase erscheint dabei als der primäre, fermenteigene Wasserstoffakzeptor. Wird bei der biologischen *Oxydation* dieser Dihydrocoferment-Wasserstoff durch Flavinfermente (v. EULERs *Diaphorasen* 1938) dem terminalen Oxydationssystem weitergereicht, so konnte ab 1936 durch v. EULER und ADLER in einer Reihe von Arbeiten gezeigt werden, daß bei der biologischen *Oxydoreduktion* (der „Gärung" im engeren Sinne) die Verbindung der dabei wirksamen Einzeldehydrasen allein über deren Codehydrasen erfolgt, im Sinne eines „Pendelns der Codehydrase bzw. Dihydrocodehydrase zwischen den beiden Apodehydrasen" (von denen die eine als Donator-, die andere als Akzeptor-apodehydrase fungiert).

Noch ein komplexes Ferment, diesmal von nichtoxydativer Natur, konnte im v. EULERschen Institut in seine Komponenten aufgetrennt werden (AUHAGEN 1932), nämlich die *Carboxylase* der Hefe, deren Coferment später als *Aneurin-pyrophosphat* erkannt wurde (LOHMANN und SCHUSTER 1937). Nach LIPMANN (1937) wirkt die Cocarboxylase auch im System der (tierischen) Brenztraubensäure*dehydrase*.

Der im vorausgehenden unternommene Versuch, im enzymchemischen Schaffen H. v. EULERs eine bestimmte Entwicklungslinie herauszustellen, mußte notwendigerweise zu einer — über die Raumbeschränkung hinaus — unvollständigen und in gewissem Sinne einseitigen Darstellung führen. Manche wertvollen Untersuchungen, die etwas abseits dieser Hauptlinie liegen, konnten nicht Erwähnung finden. So etwa die Arbeiten mit FINK und HELLSTRÖM über die Fe-Porphyrinverbindungen der Hefen oder die bis heute

fortgesetzten Untersuchungen über Phosphatasen und Nucleasen, oder die zahlreichen Arbeiten über Phosphorylierungs-, Dephosphorylierungs- und Umphosphorylierungsvorgänge bei der Gärung, die erkennen ließen, daß über die einfachen Phosphatasen hinaus weitere Fermente des Phosphatumsatzes in der Zelle anzunehmen waren. Ähnliches gilt für die in die Zukunft weisenden, von Zeit zu Zeit immer wieder aufgenommenen quantitativen Enzymstudien an Mutanten der Gerste und anderer Pflanzen, deren Ziel es war, qualitativ beobachtete Erbeigenschaften auf die quantitativ meßbaren Konzentrationen der sie bedingenden, analytisch oder kinetisch definierten Stoffe zurückzuführen. Nicht berührt werden konnten ferner die mehr in Richtung der Medizin vorfühlenden Anwendungen der Enzymchemie, etwa das umfangreiche, den Pathologen interessierende Untersuchungsmaterial zur Enzymchemie der Tumoren oder die vom chemotherapeutischen Standpunkte aus interessanten Versuche über die Beeinflussung von Enzymen durch Antivitamine und Antibiotika.

Darüber hinaus muß man bedenken, daß diese Vielzahl enzymchemischer Untersuchungsreihen ja nur einen Teil von v. EULERs biochemischem Gesamtwerk ausmacht. Es ist daran zu erinnern, daß H. v. EULER (zusammen mit B. v. EULER und P. KARRER) 1929 die seit Jahren stagnierende Entwicklung auf dem *Vitamin A*-Gebiet wieder in Fluß brachte durch den eindeutigen Nachweis, daß Carotin qualitativ die gleichen biologischen Wirkungen wie das Vitamin entfaltet. Auch in den folgenden Jahren hat das v. EULERsche Laboratorium unsere Kenntnis der Chemie, Physiologie und Analytik von Vitamin A, Carotinen und Carotinderivaten maßgeblich gefördert; unter anderem wurde 1933 durch den ersten sicheren Nachweis von Carotin und einem weiteren carotinähnlichen Bestandteil in der Pigment-Epithelschicht des Auges ein wichtiger Beitrag zur Theorie des Sehvorgangs geleistet. Auch auf dem *Vitamin C*-Gebiet hat sich v. EULER mit Erfolg betätigt und ist auf Grund der schönen, mit C. MARTIUS ausgeführten Untersuchungen am „Ascorbinsäure-Modell" Trioseredukton (Enoltartronaldehyd) 1933 fast gleichzeitig mit den Arbeitskreisen von MICHEEL, HAWORTH und KARRER zur richtigen Formel des Vitamins gelangt. Bis in die letzte Zeit hat v. EULER (zusammen mit HASSELQUIST) der Chemie und Biochemie der von ihm unter der treffenden Bezeichnung *Reduktone* zusammengefaßten Endiole sein besonderes Interesse gewidmet. Ferner hat v. EULER sich von Zeit zu Zeit auch immer wieder mit Problemen der reinen *organischen Chemie* beschäftigt. Aus der Fülle dieser Arbeiten sei immerhin erwähnt, daß v. EULER und JOSEPHSON schon 1920 die Reaktion zwischen Butadien und Benzochinon studierten und die bis dahin nicht bekannte Kondensation (zu einem Anthrachinonderivat) auch schon als Typus der später besonders von DIELS und ALDER eingehend untersuchten *Diensynthesen* erkannten. Während des letzten Krieges hat v. EULER (zusammen mit ADLER u. a.), durch Versorgungsnöte seines Landes veranlaßt, zahlreiche Untersuchungen über die Bildung der Phenol-Formaldehydharze und den Mechanismus der „Härtung" von Resolen durchgeführt.

In einer Zeit, in der die zunehmende Spezialisierung das Gesichtsfeld des einzelnen Forschers mehr und mehr einzuengen droht, wird manchem, besonders der Jüngeren, ein so reiches und vielseitiges Lebenswerk wie das HANS VON EULERs wie eine Reminiszenz aus der „Welt von gestern" erscheinen. Mag sein, daß seine Arbeitsbedingungen besser und stetiger waren als die seiner Kollegen in den von Kriegen heimgesuchten Ländern. Hinter dieser großen Leistung v. EULERs steht aber doch auch ein ungewöhnlicher Fleiß und eine ungewöhnliche Disziplin der Persönlichkeit. Das bis lange nach Mitternacht erleuchtete Fenster seines Arbeitszimmers war allen Mitarbeitern und Schülern ebenso vertraut wie sein frühes — manchem allzu frühes — Auftauchen im Laboratorium am nächsten Morgen. Diese außerordentliche Arbeitskonzentration war freilich wieder nur möglich auf der Grundlage einer beneidenswert kräftigen physischen Konstitution und einer bis ins Alter ungebrochenen Vitalität. HANS VON EULERs ehemalige Mitarbeiter und Schüler in der ganzen Welt, vor allem aber seine deutschen, denen er stets ganz besonders zugetan war, gedenken an seinem 80. Geburtstag mit Dankbarkeit und Verehrung des großen Lehrers und hilfsbereiten Kollegen und wünschen ihm noch recht viele Jahre gleichbleibender Gesundheit und Schaffensfreude.

Eingegangen am 2. März 1953.

Vergleichende Betrachtung der pflanzlichen Saftströme.

Von BRUNO HUBER, München.

Seit Verfasser von der Vereinigung der Naturwissenschaftlichen Fakultäten in den Niederlanden 1939 zu Vorträgen über die Saftströme der Pflanzen eingeladen worden war, hat er die beiden Saftströme wiederholt einer vergleichenden Betrachtung unterzogen; doch wurden diese Gedankengänge nie schriftlich niedergelegt, obwohl dieses Herausarbeiten der Ähnlichkeiten und Unterschiede auch die Entscheidung der noch offen gebliebenen Fragen erleichtern dürfte. Verfasser möchte daher nunmehr eine solche Darstellung nachholen und damit zugleich einen Wunsch des verdienten früheren Herausgebers der „Naturwissenschaften", F. A. SÜFFERT, erfüllen.

Als bekannt darf vorausgesetzt werden, daß die höheren Landpflanzen zwei im wesentlichen entgegengerichtete Stoffbewegungen aufweisen,

1. den *Transpirationsstrom*, der aus dem Boden Wasser und Nährsalze durch Vermittlung der Wurzeln den oberirdischen Teilen zuführt, wobei das Wasser als transportierendes Lösungsmittel die Pflanze zuletzt im Vorgang der Transpiration dampfförmig verläßt, und

2. den *Assimilatstrom*, der die Produkte der CO_2-Assimilation von den grünen Blättern auf alle Stätten des Verbrauches, Wurzeln und Speichergewebe, in die Dicke wachsende Stämme, aber auch Triebspitzen, Blüten und Früchte verteilt.

1. Lokalisierung.

Grundsätzlich schon lange entschieden ist neben der Existenz auch die Frage der Lokalisierung dieser beiden Saftströme: Bereits MALPIGHI verlegte 1675

auf Grund seines Ringelungsversuches den aufsteigenden Saftstrom in den Holzkörper, den absteigenden in die Rinde der Bäume. Alle weiteren Versuche brachten nur Verfeinerungen dieser grundsätzlichen Unterscheidung. So dienen bei krautigen Pflanzen dem Transpirationsstrom die Holzteile (Xyleme), dem Assimilatstrom die Siebteile (Phloeme) der mannigfachen Leitbündeltypen; bei Holzpflanzen mit sekundärem Dickenwachstum bewegt sich der Transpirationsstrom in den Tracheiden (Gymnospermen) bzw. Tracheen (Angiospermen) des Splintholzes, der Assimilatstrom ganz analog in den Siebzellen[1]) bzw. Siebröhren der „Safthaut" (TH. HARTIG 1837), d.h. den jüngsten Jahresringen des Bastes[2]). Die älteren Ringe fallen in Holz wie Rinde früher oder später für die Leitung aus, im Holz durch Luftembolie (Reißen der kohärenten Wasserfäden) und anschließende Selbstverstopfung durch intermizellare Inkrusten, bei Laubhölzern auch durch besondere Füllzellen (Thyllen), wodurch der wasserführende Splint in das wasserarme und vielfach dunkelfarbige Kern- oder Reifholz übergeht, in der Rinde durch den Kollaps der Siebröhren, der zu einer noch tiefer greifenden Umprägung des gesamten Rindenbaues führt (Parenchymaufblähung homolog der Thyllenbildung, Steinzellbildung homolog der seltenen Steinthyllenbildung, Dilatation und Borkenbildung ohne Homologie im Holz).

Die *Homologie der Leitbahnen in Holz und Rinde* erstreckt sich auch auf die Entwicklungstendenzen der einzelnen Elemente: Bei den Nadelhölzern besitzen die Tracheiden des Holzes und die Siebzellen der Rinde fast gleiche Gestalt; es sind spindelförmige, im Dienste der Leitung mehrere Millimeter gestreckte Zellen, deren verkeilte Berührungswände zur Erleichterung des Stoffdurchtrittes durch die Wand im Holz mit Hoftüpfeln, im Bast mit Siebtüpfeln besetzt sind. Die Angiospermen erfinden dann die Verschmelzung übereinander liegender Zellglieder zu Gefäß- bzw. Siebröhren, wobei anfangs die trennende Wand noch stark schräg, mit zunehmender Wegsamkeit aber mehr oder weniger genau quer steht; im ersteren Falle erfolgt die Durchbrechung der Gefäße und die Siebung der Siebröhren „leiterförmig", d.h. zwischen den Perforationen bleiben Spangen stehen, im zweiten Falle „einfach".

Neben diesen weitgehenden Homologien in Bau und Anordnung der beiderlei Leitbahnen dürfen aber auch die *Unterschiede* nicht übersehen werden: Die Wände der Wasserleitbahnen sind verholzt, mit Lignin, einem erst von den höheren Landpflanzen erworbenen Stoff inkrustiert, der die Starrheit der Wände erhöht; die stammesgeschichtlich älteren Assimilatleitbahnen — schon Brauntange können hoch differenzierte Siebröhren besitzen — haben Zellulosewände eigentümlicher Lichtbrechung (Quellung?), ihre Siebporen sind mit einer nur hier vorkommenden Substanz, der Kallose, röhrenförmig ausgekleidet und zeitweilig (während der Vegetationsruhe) sogar völlig verschlossen. Hand in Hand mit diesen Unterschieden der Wandbeschaffenheit gehen solche des Plasmas: Die Wasserleitbahnen verlieren im funktionsfähigen Zustand ihr Plasma und erhöhen damit ihre Wegsamkeit außerordentlich (lebendes Zytoplasma läßt ja unter dem Druck einer Atmosphäre stündlich nur etwa 30 μ Wasser filtrieren); da sie damit auch keinen eigenen Turgor entwickeln können, würden sie unter dem Druck lebender Nachbarzellen zerquetscht, wenn nicht die Erfindung des Lignins ihren Wänden die erwähnte Starrheit verleihen würde. Auch das Plasma der Siebröhren erfährt bei der Reife auffallende, vermutlich die Stoffbewegungen erleichternde Veränderungen (die Zellkerne degenerieren), doch bleibt ein dünner, lebender, plasmolysierbarer und zum Teil auch strömender plasmatischer Wandbelag und damit ein eigener Turgordruck erhalten.

Trotz solcher Unterschiede ist Verfasser überzeugt, daß sich die Homologie der beiderlei Leitbahnen auch noch darauf erstreckt, daß die Stoffbewegungen in beiden Fällen im *Lumen* der Bahnen vor sich gehen, worauf schon die Weite dieser Elemente deutet (die Siebröhren sind ebenso die weitesten Elemente des Bastes wie die Tracheen die weitesten des Holzes). Für die Wasserleitbahnen ist das schon seit vielen Jahrzehnten erwiesen: Da die Verstopfung der Lumina mit Kakaobutter die Wasserbewegung unterbindet, war die Imbibitionstheorie von SACHS [*3*], der die Wanderung in die Intermizellarräume der Wände verlegen wollte, für den Bereich der Leitbahnen widerlegt (über die Gültigkeit der Imbibitionstheorie im extrafaszikulären Bereich s. unten). Vermutlich gilt dasselbe für die Siebbahnen, doch fehlen dafür noch immer völlig zwingende Beweise; im Schrifttum werden daher bis in die jüngste Zeit Wanderung in den Wänden (CRAFTS [*4*]), im plasmatischen Wandbelag (SCHUMACHER [*5*]) und im Zellsaft erörtert (MÜNCH [*6*]). Die Erörterung dieser Fragen hängt aber bereits eng mit den Problemen der Wanderstoffe, Wanderungsgeschwindigkeit und Bewegungsmechanik zusammen, denen wir uns nunmehr zuwenden müssen.

2. *Chemische Zusammensetzung.*

Wenn man die Fülle der Untersuchungen bedenkt, welche sich mit dem Blut der Tiere und des Menschen beschäftigen, so muß man sich wundern, daß dem Inhalt der pflanzlichen Leitbahnen bisher erst so wenige Arbeiten gewidmet wurden. TH. HARTIG hat den Inhalt der Holzbahnen als „*Rohsaft*", den der Siebbahnen als „*Bildungssaft*" bezeichnet und damit, dem Wissen seiner Zeit entsprechend, zum Ausdruck gebracht, daß erstere die von den Wurzeln einigermaßen gefiltert aufgenommene, aber sonst noch nicht weiter verarbeitete Bodenlösung, letztere die organischen Wanderstoffe aus den Blättern, in erster Linie Zucker führen. Die mikroskopische Betrachtung zeigt in den Gefäßen einen wasserklaren Inhalt[3]), in den

[1]) Wie schon mehrfach betont, ist es unbedingt erforderlich, zwischen den Siebelementen der Gymnospermen und Angiospermen genau so zu unterscheiden wie zwischen den Tracheiden und Tracheen des Holzes. Wir stimmen aber den amerikanischen Autoren bei, daß der vom Entdecker der Siebröhren THEODOR HARTIG [*1*] bereits 1837 deshalb vorgeschlagene Name Sieb*fasern* zu leicht mit dem der Sklerenchymfasern des Bastes verwechselt wird, und gebrauchen daher den im amerikanischen Schrifttum empfohlenen Ausdruck Sieb*zellen*, während die Bezeichnung Sieb*röhren* für Angiospermen reserviert bleibt. Die Grenze im Vorkommen der beiden Elemente ist noch Gegenstand der Untersuchung, da im Formenkreis der Ranales (Magnolien-Gewächse und verwandte Familien), die auch nach dem Blütenbau als einfachste Angiospermen gelten, mehrfach nur Siebzellen, aber noch keine Siebröhren vorkommen, so wie es dort auch noch vereinzelt reines Tracheidenholz gibt.

[2]) Wie HOLDHEIDE [*2*] nachgewiesen hat, lassen sich bei genauer anatomischer Betrachtung in der Rinde nicht nur wie im Holz Jahresringe unterscheiden, sie sind sogar in vielen Fällen homolog dem Holzring in einen siebröhrenreicheren *Frühbast* und einen *Spätbast* geschieden, in dem Speichergewebe und Fasern vorherrschen.

[3]) Luft dringt in die tätigen Gefäße erst nach Verletzung, vor allem beim Abschneiden, ein und hatte zu Anfang des 19. Jahrhunderts zur irrigen Namengebung Tracheen = Luftröhren Anlaß gegeben, welche unsere konservative Wissenschaft auch weiterhin beibehielt, als diese Elemente als *Wasser*leitbahnen erkannt wurden.

Siebröhren auch Plasma und andere geformte Bestandteile, kleine Stärkekörnchen, Schleim und dergleichen.

Einer chemischen Analyse wurden zunächst nur die „Blutungssäfte" unterzogen, welche der Wurzeldruck vor der Belaubung im Frühjahr in die Stämme pumpt und welche aus Schnittwunden bei Wein, Birke und Zuckerahorn leicht literweise gewonnen werden können. In dieser Zeit führt das Gefäßwasser außer der gefilterten Bodenlösung auch die organischen Produkte der Frühjahrsmobilisierung der Speichergewebe mit sich, welche den treibenden Knospen zugeführt werden[1]).

Der Gefäßinhalt aus der übrigen Zeit des Jahres, in welcher die Transpirationssaugung eine allfällige Förderung durch den Wurzeldruck weit überwiegt und der Inhalt daher unter starker Zugspannung steht, ist im wesentlichen erst durch die amerikanischen Autoren

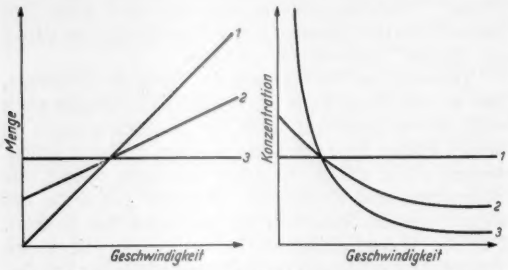


Fig. 1. Schema der möglichen Beziehungen zwischen der Geschwindigkeit des Transpirationsstromes (Abszisse) und Menge (links) bzw. Konzentration (rechts) der beförderten Salze (Ordinaten). Nähere Erklärung im Text.

BENNETT, ANDERSSEN und MILAD [*10*] in analysierbaren Mengen gewonnen worden. Lediglich für den günstigen Sonderfall der Lianen hatte schon MOLISCH [*11*] gezeigt, daß der Inhalt aus ihren besonders weiten Gefäßen ausläuft, sobald man durch *zwei* Querschnitte den Luftdruck als Tragkraft ausschaltet; das dann aus meterlangen Stücken in Mengen bis zu einem halben Liter ausfließende Wasser erwies sich als keimfreies „Trinkwasser". Bei engeren Gefäßen und Nadelholztracheiden fördert dagegen selbst Preßluft zunächst nur wenige Tropfen, weil die Luft bereits an den nächsten Querwänden auf unüberwindliche Widerstände stößt; nur wenn die Preßluft eine längere Wassersäule vor sich herschiebt und die Bildung von Menisken im Holz verhindert, gelingt das Auspressen größerer Mengen von Gefäßwasser; die Ablösung des ursprünglichen Inhaltes durch die Schublösung muß dabei durch Farbstoffe oder stark abweichende Konzentration (reinstes destilliertes Wasser oder besser Salzlösungen) markiert und am besten laufend auf Grund der elektrischen Leitfähigkeit kontrolliert werden. Im wesentlichen bestätigen diese mühsamen Untersuchungen die Lehrmeinung, daß sich in den Gefäßen eine stark verdünnte Lösung anorganischer Elektrolyte bewegt. Ihre Konzentration entspricht mit 0,1 bis 0,01% in der Größenordnung der der Bodenlösung; ein unmittelbarer Vergleich mit dieser, der die Filterwirkung der Wurzeln erkennen ließe, steht aber noch aus[2]).

Und doch wäre ein solcher unmittelbarer Vergleich von Bodenlösung und Gefäßwasser überaus wünschenswert, denn er rührt an eine der einfachsten Grundfragen der Pflanzenphysiologie, von der man sich schämen muß, daß sie noch immer offen ist, nämlich das *Verhältnis von Wasser- und Nährsalzversorgung*. Viele Jahrzehnte hatte es als selbstverständlich gegolten, daß der Transpirationsstrom die Nährsalze befördert und die Nährsalzversorgung daher der Transpiration proportional sei. Erst 1922 veröffentlichte MUENSCHER [*12*] und 1923 der Verfasser [*13*] Befunde, welche auf eine gewisse Unabhängigkeit dieser beiden Vorgänge deuteten. Seither hat vor allem die Schule HOAGLANDs [*14*] an isolierten oder abgeschnittenen Wurzelsystemen die Mechanik der Stoffaufnahme studiert und eine starke vitale Bindung an den Atmungsstoffwechsel gefunden. Unter dem Eindruck dieser Befunde ist HOAGLAND geneigt, den Anteil der Transpiration an der Größe der Nährsalzaufnahme völlig zu vernachlässigen. Verfasser neigt demgegenüber zu einem mittleren Standpunkt, d. h. er nimmt an, daß die Transpiration die Nährsalzaufnahme steigert, aber nicht proportional, wie das Fig. 1 schematisch andeutet: Nach der ursprünglichen Lehrmeinung wäre die Konzentration des Transpirationsstromes von seiner Geschwindigkeit unabhängig, der Nährsalztransport daher der Transpiration proportional (Kurve 1). Nach der Meinung HOAGLANDs wäre die Nährsalzaufnahme von der Transpiration unabhängig, was zur Folge hätte, daß die Konzentration des Stromes seiner Geschwindigkeit umgekehrt proportional sein müßte (Kurve 3). Nach der Meinung des Verfassers, die sich besonders auf die schönen Versuche SCHMIDTs [*17*] und JAHNELs [*18*] gründet, aber auch die Ergebnisse der Schule HOAGLANDs gebührend berücksichtigt, ist bereits ohne Transpiration eine gewisse Mineralstoffaufnahme möglich, diese steigt aber weiter (vermutlich linear) mit der Transpiration an; da diese Kurve aber nicht durch den Nullpunkt des Koordinatensystems führt, sinkt auch die Konzentration des Transpirationsstromes weniger, als der Geschwindigkeit entspräche (Kurve 2). Mein Schüler PETRITSCHEK [*10*] hat durch einen quantitativen Vergleich von Geschwindigkeit und Konzentration des Transpirationsstromes bei Lianen (*Clematis vitalba*) die Richtigkeit dieser Auffassung experimentell erhärtet: Im Tagesgang entspricht einer Beschleunigung auf das 9fache nur ein Konzentrationsrückgang auf etwa ein Drittel; die Konzentrationen sind dabei der Geschwindigkeit nicht eindeutig zugeordnet, sondern während des Geschwindigkeitsanstieges am Vormittag höher als während des Geschwindigkeitsabfalles gegen Abend (Hysterese)[3]).

[1]) Auch das aus den Wasserspalten austretende Guttationswasser wurde von SABININ [*7*] und LUNDEGÅRDH [*8*] über einen großen Bereich mit Konzentration und Zusammensetzung der Außenlösung verglichen (vgl. dazu den Sammelbericht des Verfassers [*9*]).

[2]) Erst am Orte der endgültigen Speicherung ist die mineralische Zusammensetzung der Pflanzensubstanz durch Aschenanalysen, neuerdings vor allem mit Hilfe quantitativer Spektralanalysen, mit der der Außenlösung verglichen worden (LUNDEGÅRDH [*15*], COLLANDER [*16*]).

[3]) Die Hypothese von CURTIS [*20*], daß die aufgenommenen Mineralstoffe, vor allem der Stickstoff, bereits in den Wurzeln in organische Bindung übergeführt und in den Siebbahnen weiterbefördert würden, hat sich unter anderem in Versuchen mit radioaktiven Indikatoren als irrig erwiesen. Der Transport der Mineralstoffe im Transpirationsstrom ist erwiesen, strittig war zuletzt nur, ob ein rascher Strom mehr transportiert oder einfach verdünnter wird. Auch diese Teilfrage kann nun durch die Versuche PETRITSCHEKs als entschieden gelten.

Daß auch der Inhalt der Siebröhren in größeren Mengen gesammelt und einer chemischen Analyse zugeführt werden kann, war merkwürdig lange in Vergessenheit geraten: TH. HARTIG [*21*], der, seiner Zeit weit vorauseilend, 1837 die Siebröhren entdeckt hatte, beobachtete 1858 bis 1860, daß in der zweiten Hälfte der Vegetationsperiode aus den um diese Zeit hochturgeszenten Siebröhren beim Anschnitt süße Flüssigkeitstropfen austreten, in welchen er unter anderem etwa 20% Rohrzucker feststellte. Erst seit 1930 haben MÜNCH, WISLICENUS und der Verfasser [*22*] mit ihren Schülern sowie eine Gruppe amerikanischer Autoren an diese Untersuchungen angeknüpft und viele hundert Kubikzentimeter „*Siebröhrensaft*" analysiert[1]): Die Siebröhrensäfte enthalten im allgemeinen 15 bis 30% Trockensubstanz, und zwar zum allergrößten Teil Rohrzucker, eine Reihe meist der Oxydasegruppe angehörige Fermente, beachtliche Mengen an Gerbstoffen und Gerbstoffvorstufen und zeitweilig erhebliche Wuchsstoffmengen; der Gehalt an Mineralstoffen beträgt etwa 4% des Trockenrückstandes und umfaßt neben K, Ca und Mg u. a. die Spurenelemente B, Cu und Mn. Der Stickstoffgehalt ist gering und steigt erst unmittelbar vor dem Laubfall mit dem Eiweißabbau in den Blättern beträchtlich an; in diesem Zusammenhang tritt im Siebröhrensaft auch Schwefelwasserstoff auf.

Genau wie beim Transpirationsstrom zeigt auch diese Grundzusammensetzung des Siebröhrensaftes recht bezeichnende *tagesperiodische und örtliche Schwankungen:* Zunächst sinkt die Konzentration auf dem Wege von den Erzeugungs- zu den Verbrauchsstätten deutlich, im Stamme der Roteiche beispielsweise je Meter stammabwärts um durchschnittlich 0,28 Atm (PFEIFFER; daß die Kontinuität dieses Gefälles im extrafaszikulären Bereich durch einen Drüsenmechanismus kompliziert wird, soll uns erst später beschäftigen). Außerdem ergibt sich infolge der Lichtabhängigkeit der Assimilation ein deutlicher Tagesrhythmus der Konzentration, doch kann sich der natürliche Morgenanstieg auf dem langen Wanderweg bis zur völligen Umkehr verspäten (die neue Assimilatwelle trifft am Kronenansatz kleinerer Roteichen etwa 10 Uhr vormittag, bei größeren 1 Uhr mittag, am Stammgrund erst gegen Abend ein). Die Ausschläge der Tageswelle betragen am Kronenansatz etwa 15%, am Stammgrund nur noch etwa 5% der mittleren Konzentration, klingen also auf dem Wege deutlich ab.

Der ungeheuere Konzentrationsunterschied im Inhalt von Gefäßen und Siebröhren macht eine anatomische Tatsache begreiflich, welche zunächst schwer verständlich erscheint: Während das tätige Splintholz selbst bei ringporigen Holzarten einige Zentimeter, bei „Reifhölzern" (ohne gefärbten Kern) viele Jahresringe zu umfassen pflegt, bleiben die tätigen Siebröhren auf den letzten und höchstens noch vorletzten Jahreszuwachs beschränkt. Man staunt, daß die mächtigsten Buchen ihre Assimilate auf einer Safthautbreite von kaum mehr als 0,25 mm befördern sollen. Die rund 10000mal höhere Konzentration der Wanderstoffe macht diesen Unterschied möglich, und wir werden sehen, daß daher die Strömungsgeschwindigkeiten in der gleichen Größenordnung liegen.

3. *Geschwindigkeit.*

a) Methoden. In die toten Leitbahnen des Transpirationsstromes lassen sich — freilich nur nach Verletzung — leicht alle möglichen Stoffe einführen, welche, vom Strom passiv verfrachtet, als Indikatoren seiner Geschwindigkeit dienen können: Quecksilber, dessen Aufstieg vor dem Röntgenschirm verfolgt werden kann, radioaktive Stoffe, die das Zählrohr feststellt, Lithium, das mittels Flammenfärbung nachweisbar ist, alle möglichen Farbstoffe, neuerdings mit Vorliebe Fluorochrome, welche in durchscheinenden Stengeln wie *Impatiens* (Rührmichnichtan), Helxine (ein neuerdings unter dem Gärtnernamen „Bubikopf" gerne als Zimmerpflanze kultiviertes Brennesselgewächs) u. ä. unmittelbar verfolgt werden können (STRUGGER [*24*]). Freilich bedarf es in jedem Falle kritischer Prüfung, ob der verwendete Indikator auch ungehemmt mit dem Transpirationsstrom wandert. So vermag Quecksilber wegen seiner Kapillardepression keine Wände zu durchsetzen und eignet sich daher in erster Linie für Lianen mit weithin durchlaufenden Gefäßen; basische Farbstoffe werden von den saueren Wänden bis zur Sättigung adsorbiert und bleiben daher weit hinter der Stromspitze zurück. Als Fehlerquelle zu beachten ist auch, daß beim Anschnitt der durch die Transpirationssaugung gespannten Gefäße zunächst enorme Wassermengen einströmen und sich erst nach einiger Zeit eine stetige Geschwindigkeit einstellt; man schneidet daher am besten unter Wasser und fügt den Indikator erst später zu.

Will man den Anschnitt überhaupt vermeiden, so muß man unter den wenigen unschädlichen Stoffen wählen, welche durch die lebende Wurzel unverändert in die Leitbahnen dringen, wie Lithium. Dafür bedarf dann der sehr viel langsamere Durchtritt durch die lebenden Gewebe (s. unten) einer gesonderten Kontrollbestimmung, wenn man die Geschwindigkeitswerte nicht mit einem völlig unsicheren Additionsglied belasten will; am besten bestimmt man die Geschwindigkeit aus dem Zeitunterschied, mit dem die Indikatoren in zwei verschiedenen Höhen eintreffen.

Die eleganteste Möglichkeit, die Geschwindigkeit des Transpirationsstromes ohne störenden Eingriff nicht nur einmalig zu bestimmen, sondern auch in ihren Schwankungen über längere Zeiten, besonders Tagesgänge laufend zu verfolgen, bietet das *thermoelektrische Verfahren,* bei dem der Transpirationsstrom durch eine Heizwicklung wenige Sekunden leicht erwärmt und das Durchwandern des erwärmten Saftes an einer Kontrollstelle mittels Thermoelement festgestellt wird (HUBER [*25*]).

Erheblich schwieriger ist die Einführung von Indikatoren in die lebenden Siebröhren. Im Vordergrunde steht die 1933 von SCHUMACHER [*26*] erstmals verwirklichte Einführung von Fluoreszein und anderen Fluorochromen; wichtige Anhaltspunkte liefert aber auch die Ausbreitungsgeschwindigkeit von Viren. Da die Assimilate nur während des Tages gebildet werden, bietet auch die bereits erwähnte *Tageswelle in der Zuckerkonzentration des Siebröhrensaftes* eine Möglichkeit, die Wanderung an Hand der körpereigenen Wanderstoffe zu verfolgen (HUBER, SCHMIDT und JAHNEL [*27*]).

[1]) Der auf Celebes tätige Holländer TAMMES macht wahrscheinlich, daß es sich beim Blutungssaft aus abgeschnittenen Palmen-Blütenständen trotz der enormen Mengen um Siebröhrensaft handelt; er stimmt auch in der chemischen Zusammensetzung völlig mit solchem überein (P. M. L. TAMMES [*23*]).

b) Ergebnisse. Der Vielfalt der angewandten Methoden verdanken wir besonders beim Transpirationsstrom wohlabgerundete und allseitig gesicherte Vorstellungen der Geschwindigkeitsverteilung: Die *mittäglichen Höchstgeschwindigkeiten* entsprechen genau der anatomischen Differenzierung und betragen bei den tracheidenführenden Nadelhölzern stündlich etwa 1 m, bei zerstreutporigen Laubhölzern bis etwa 5 m, bei ringporigen Laubhölzern bis 50 m und in den weitestporigen Lianen bis 150 m. Auch in den Leitbündeln krautiger Pflanzen sind fluoroskopisch Stundengeschwindigkeiten bis etwa 50 m beobachtet worden.

Bemerkenswert ist dabei auch die Geschwindigkeits*verteilung*, die bei Bäumen in der Regel vom Stamm nach den Ästen und Zweigen abnimmt (Birke zeigt entgegengesetztes Verhalten), nach den Wurzeln zunimmt (hier wurden auch bei Nadelbäumen bis 6 m/Std beobachtet). An den Übergangsstellen von der Haupt- in die Seitenachsen und insbesondere vom Stengel in die Blätter sowie in den Knoten der Monokotylen ergeben sich bemerkenswerte, aber anatomisch klar begründete Stockungen (Rouschal [*28*], Happ [*29*]).

Im *zeitlichen Gang* finden wir ein deutliches Nachhinken der unteren hinter den oberen Teilen: Der Transpirationsstrom kommt morgens in den Zweigen in Gang, erfaßt nach und nach Äste, Stamm und Wurzeln, während abends, wenn die Strömung in den Zweigen längst nachläßt, ein Nachströmen in den unteren Teilen die angegriffenen Wasservorräte wieder auffüllt. Das Wasserleitungssystem erweist sich somit als elastisch; die tagesperiodischen Schwankungen des Wasservorrates lassen sich unter anderem über die gleichsinnigen des Stammumfanges registrieren („Dendrograph"; die umfangreichsten einschlägigen Messungen verdanken wir MacDougal [*30*]).

Über die Geschwindigkeiten des Assimilatstromes liegen wegen der größeren methodischen Schwierigkeiten noch nicht so zahlreiche Messungen vor, sie sichern aber bereits eine ähnliche Größenordnung, vielleicht ein Zurückbleiben gegenüber dem Transpirationsstrom um etwa eine Zehnerpotenz: Die gesamte Transportleistung während der Vegetationsperiode läßt bei Nadelbäumen auf eine durchschnittliche Transportgeschwindigkeit von stündlich 20 cm, bei Laubbäumen und Kartoffelknollen von 50 cm, beim Kürbis von 160 cm schließen. Fluoreszein und Viren wandern einige Dezimeter je Stunde, ersteres in den weiten Hauptleitbahnen deutlich schneller als in den feineren Nerven (A. Schumacher [*31*]); die oben geschilderte Zuckerkonzentrationswelle kann an schönen Hochsommertagen stündlich bis zu 2 m vorrücken. Wenn der Assimilatstrom nicht ganz die Geschwindigkeiten des Transpirationsstromes erreicht, so ist das angesichts des größeren Filtrationswiderstandes der lebenden und nicht so weitgehend perforierten Bahnen verständlich. Immerhin läßt die Ähnlichkeit der Geschwindigkeiten wie die Homologie der Bahnen eine verwandte Bewegungsmechanik erwarten.

4. Mechanik der Wanderung.

Für die Mechanik der Wanderung konnte bisher nur beim Transpirationsstrom nach jahrzehntelangem Streit („Rätsel des Saftsteigens") eine allseits anerkannte Erklärung gefunden werden: Es steht fest, daß mindestens bei Angiospermen[1]) lebende Wurzelzellen (wahrscheinlich der Endodermis) das aus dem Boden aufgenommene Wasser unter beträchtlichem Druck (bis etwa 5 Atm) in die Gefäßbahnen pressen können, in denen es hochsteigt und bei künstlichem Anschnitt oder auch durch natürliche „Wasserspalten" (Hydathoden) austritt (Guttation oder Blutung). Auf diese Weise wird vor der Belaubung im Frühjahr, in taufeuchten Nächten und wahrscheinlich auch bei untergetauchten Wasserpflanzen eine gewisse Wasserdurchströmung in Gang gehalten.

Ebenso sicher ist aber, daß es in der Mehrzahl der Fälle keines solchen „*Wurzeldruckes*" bedarf, sondern der Nachstrom viel zweckmäßiger durch die Transpirationssaugung, also den Verbrauch selbst, gesteuert wird[2]). Die anfängliche Schwierigkeit, daß dabei Saugkräfte von mehreren Atmosphären benötigt werden, welche unsere menschliche Pumptechnik nicht zu verwirklichen vermag, ist durch die *Kohäsionstheorie* beseitigt: Diese stützt sich auf die Tatsache, daß das Füllwasser in Pflanzenzellen nachweislich Zügen bis über 300 Atm standhält (Ring des Farnsporangiums), ehe die Kohäsion der Wasserteilchen untereinander und ihre Adhäsion an den gequollenen Wänden überwunden wird. So wird das Wasser von den transpirierenden Blattzellen in zusammenhängenden Fäden vom Boden her durch die Leitbahnen hochgezogen. Je enger die Leitbahnen sind, desto seltener reißt ein solcher Faden, desto größer ist aber andererseits der Leitungswiderstand. Die Gefäßbahnen der Pflanzen stellen daher einen Kompromiß zwischen den widerstreitenden Forderungen eines osmotisch tragbaren Leitungswiderstandes und einer trotzdem ausreichenden Kohäsionsfestigkeit dar. Viele weitporige Laubhölzer, unter den einheimischen besonders die ringporigen (Eiche, Esche, Robinie), erkaufen einen schnellen Transpirationsstrom mit kurzer Funktionsfähigkeit ihrer Gefäße; engporige Laubhölzer wie Buche und Birke und Nadelhölzer arbeiten lieber nach der Parole: „langsam, aber sicher". Die durch Gasembolie ausgefallenen Bahnen fallen der Verkernung anheim; die Wiederauffüllung von Gefäßen, deren wäßriger Inhalt durch Gasbildung unterbrochen wurde, ist völlig hypothetisch.

Wenn man bedenkt, wie viele Jahrzehnte es gedauert hat, bis in der Erforschung des Transpirationsstromes dieses allseitig befriedigende Bild erreicht wurde, darf es einen nicht allzusehr wundern, wenn die Erforschung des Assimilatstromes, die erst seit etwa 25 Jahren intensiv betrieben wird, noch nicht so weit ist. Man ist sich noch nicht einmal darüber einig, ob die Assimilate wie die Mineralstoffe im Transpirationsstrom vom Lösungsmittel passiv verfrachtet werden (*Konvektionstheorien*) oder molekular im ruhenden Lösungsmittel wandern (*Diffusionstheorien*). Im ersten Falle müßte ein der Transpiration bzw. Guttation vergleichbarer Vorgang das überschüssige Lösungsmittel beseitigen. Es ist sehr einleuchtend, daß das beim Verbrauch der Assimilate infolge des mit der Stärkekondensation und Membranbildung

[1]) Die Angabe einer Guttation von Nadelholzsämlingen durch T. W. Daniel [*32*] steht vorläufig allein und bedürfte noch der Bestätigung von anderer Seite.

[2]) Daher bezeichnen wir auch den aufsteigenden Saftstrom kurz und bündig als Transpirationsstrom; im Zweifelsfalle müßte man beim Fehlen von Transpirationssaugung von Guttationsstrom reden.

zwangsläufig verbundenen Abfalls der osmotischen Werte erfolgt und daß die benachbarten Gefäßbahnen dieses freiwerdende Wasser spielend aufnehmen (handelt es sich doch nur um 2 bis 5% der im Transpirationsstrom bewegten Wassermengen); eine Reihe anatomischer Erscheinungen, insbesondere die oft auffallenden Tüpfelverbindungen zwischen Markstrahlen und Gefäßen werden erst durch diese Annahme verständlich. Umgekehrt suchen die Anhänger der Diffusionstheorien nach einem Beschleunigungsmechanismus; denn daß die Geschwindigkeit des Assimilatstroms die einfacher Diffusion um mindestens vier Zehnerpotenzen übertrifft, hat schon DE VRIES [33] seinem Lehrer SACHS entgegengehalten und ist durch neuere Untersuchungen völlig gesichert. Da die Plasmaströmung zur Erklärung dieser Beschleunigung keinesfalls ausreicht, wird Einsatz von Atmungsenergie oder Einengung der freien Molekularbewegung von drei auf zwei Dimensionen durch Spreitung an Grenzflächen erwogen.

Eine Entscheidung zwischen diesen beiden Möglichkeiten verspricht man sich seit PFEFFER [34] vor allem von der Feststellung, ob die Assimilate unterschiedslos mitsammenwandern, wie das von einer passiven Massenströmung zu erwarten ist, oder ob verschiedene Stoffe ihren jeweiligen Partialgefällen unter Umständen sogar in entgegengesetzter Richtung folgen. Aber auch die Deutung solcher Befunde geht noch auseinander: Die Mehrzahl der Forscher, vor allem die Virus-Spezialisten finden, daß Viren und Farbstoffe meist zwangsläufig dem Weg der Assimilate folgen, und erklären einzelne Ausnahmen durch Hilfsannahmen wie die Möglichkeit einer unabhängigen und zum Teil sogar entgegengerichteten Wanderung in verschiedenen Siebröhren, besonders dem Außen- und Innenphloem bikollateraler Leitbündel; die Anhänger der Diffusionstheorien legen gerade umgekehrt auf solche Abweichungen Wert und betrachten sie als Stütze ihrer Auffassung. Unter diesen Umständen wollen wir uns mit der gegebenen Kennzeichnung der Problemlage begnügen und die Entscheidung ruhig der Zukunft überlassen.

5. *Die Saftströme außerhalb der eigentlichen Leitbahnen.*

Mit ein paar Worten müssen wir aber noch auf die wesentlich veränderten Verhältnisse hinweisen, denen beide Saftströme begegnen, sobald sie die dafür vorgesehenen Fernleitbahnen verlassen haben. Bei der Dichte des pflanzlichen „Verkehrsnetzes" handelt es sich bei diesem „*extrafaszikulären*" Transpirations- und Assimilatstrom freilich nur um Strecken von knapp 1 mm[1]). Aber auf diesem Wege von Zelle zu Zelle vervielfachen sich die Widerstände. Die Pflanze trägt dem durch eine enorme Verlangsamung der Bewegung Rechnung, welche natürlich die Folge einer ebenso großen Verbreiterung der Leitflächen ist: Die Stundengeschwindigkeiten liegen bei der Wasseraufnahme der Wurzel-, aber auch der Wasserabgabe der Blattoberflächen nur noch in der Größenordnung von Zehntel Millimetern; für die Assimilatwanderung vom Assimilationsgewebe bis zu den Siebröhren errechnen sich ähnliche Geschwindigkeiten. Der Hauptwiderstand liegt in der Semipermeabilität des Zytoplasmas, und es ist daher durchaus einleuchtend, daß nach STRUGGER [35] die extrafaszikulären Stoffbewegungen vielfach unter Vermeidung des Plasmas in den Mikrokapillaren der Zellwände vor sich gehen.

Beim Assimilatstrom hat sich auf dem kurzen Wege von den assimilierenden Blattpalisaden zu den Siebröhren ein im einzelnen noch ungeklärter *vitaler Konzentrationsmechanismus* wirksam erwiesen, da die osmotischen Werte von den Palisaden über die Sammelzellen zur Gefäßbündelscheide und den Siebröhren ständig steigen (RÖCKL [36]); der Siebröhrensaft wirkt daher als kräftiges Plasmolytikum für die eigenen Blattpalisaden. Die Assimilate wandern also auf dieser Strecke dem Konzentrationsgefälle eindeutig entgegen und werden schrittweise angereichert. Es liegt wohl ein dem Wurzeldruck verwandter Mechanismus vor.

So konzentriert sich in unserem Jahrzehnt die Problematik der pflanzlichen Saftströme auf zwei Brennpunkte: die gegenüber der Physiologie der Leitbahnen lange vernachlässigte Wanderung im extrafaszikulären Bereich und die noch immer strittige Mechanik des Assimilatstromes.

[1]) Größere Strecken hat der Assimilatstrom in den *Markstrahlen* zurückzulegen, die wir aber als Bahnen zweiter Ordnung auch dem Leitungssystem zurechnen können. Leider ist über deren physiologische Leistungsfähigkeit experimentell noch so gut wie nichts bekannt.

Literatur.

Die vorstehender Übersicht zugrunde liegenden Untersuchungen habe ich in meinen jährlichen Sammelberichten über „Wasserumsatz und Stoffbewegungen" in den „Fortschritten der Botanik", Band 1—14 seit 1932 laufend referiert. Unter ausdrücklichem Hinweis auf diese vollständigeren Quellennachweise verzeichne ich nachstehend nur die im Text namentlich genannten Autoren mit ihrer jeweils einschlägigen Arbeit.

[1] HARTIG, TH.: Jber. Fortschr. Forstw. **1**, 125 (1837). — [2] HOLDHEIDE, W.: Handbuch der Mikroskopie in der Technik. Bd. 5/1, S. 193. 1951. — [3] SACHS, J.: Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen. Leipzig 1865. — [4] CRAFTS, A. S.: Bot. Rev. **5**, 471 (1939); **17**, 203 (1951). — [5] SCHUMACHER, W.: Naturwiss. **34**, 176 (1947). — [6] MÜNCH, E.: Die Stoffbewegungen in der Pflanze. Jena 1930. — [7] SABININ, D. A.: Bull. Inst. Rech. biol. Perm **4**, Suppl. 2 (1925). — [8] LUNDEGÅRDH, H.: Ark. Bot. A **31**, Nr. 2 (1943); **32**, Nr. 12 (1945). — [9] HUBER, B.: Fortschr. Bot. **12**, 185 (1949). — [10] BENNETT, J. P., F. G. ANDERSSEN and J. MILAD: New Phytologist **26**, 316 (1927). — [11] MOLISCH, H.: Sitzgsber. Wien. Akad. **107**, 977 (1898). — [12] MUENSCHER, W. C.: Amer. J. Bot. **9**, 311 (1922). — [13] HUBER, B.: Z. Bot. **15**, 465 (1923). — [14] HOAGLAND, D. R.: Lectures on the inorganic nutrition of plants, 2. Aufl. Waltham 1948. — [15] LUNDEGÅRDH, H.: Die Blattanalyse. Jena 1945. — [16] COLLANDER, R.: Plant Physiol. **16**, 691 (1941). — [17] SCHMIDT, O.: Z. Bot. **30**, 289 (1936). — [18] JAHNEL, H.: Jb. wiss. Bot. **86**, 527 (1938). — [19] PETRITSCHEK, K.: Diss. München 1952. — [20] CURTIS, O. F.: The translocation of solutes in plants. New York u. London 1935. — [21] HARTIG, TH.: Allg. Forst- u. Jagdztg. **36**, 257 (1860). — Bot. Ztg. **19**, 17 (1861). — [22] HUBER, B.: Biol. generalis [Wien] **16**, 310 (1942). — [23] TAMMES, P. M. L.: Nederl. Akad. Wetensch. Proc. C **54**, 30 (1951). — [24] STRUGGER, S.: Flora [Jena] **131**, 56 (1938). — Biol. Zbl. **59**, 409 (1939). — [25] HUBER, B.: Ber. dtsch. bot. Ges. **50**, 89 (1932). — [26] SCHUMACHER, W.: Jb. wiss. Bot. **77**, 685 (1933). — [27] HUBER, B., E. SCHMIDT u. H. JAHNEL: Tharandt. forstl. Jb. **88**, 1017 (1937). — [28] ROUSCHAL, E.: Flora [Jena] **134**, 229 (1940). — [29] HAPP, H.: Staatsexamens-Arbeit München 1950. — [30] MACDOUGAL, D. T.: Carnegie Inst. Washington Publ. **1925**, No. 365; **1926**, No. 373. — [31] SCHUMACHER, A.: Planta **35**, 642 (1948). — [32] DANIEL, T. W.: Plant Physiol. **24**, 327 (1949). — [33] DE VRIES, H.: Bot. Zeitg. **43**, 1 (1885). — [34] PFEFFER, W.: Pflanzenphysiologie, Bd. 1. Leipzig 1897. — [35] STRUGGER, S.: Zit. unter [24]. — [36] RÖCKL, B.: Planta **36**, 530 (1949).

Forstbotanisches Institut München.

Eingegangen am 4. Juli 1952.

Neue Versuche über phänotypische Geschlechtsbestimmung bei Polychäten*).

Von C. HAUENSCHILD, Tübingen.

Die Frage, auf welche Weise bei getrenntgeschlechtlichen Tieren die sexuelle Determination erfolgt, wurde zuerst bei Insekten aufgeklärt. In dieser Tiergruppe ist das Geschlecht jedes Individuums stets durch Erbfaktoren streng festgelegt, wobei in bezug auf die Geschlechtsfaktoren das eine Geschlecht homozygot, das andere heterozygot ist. Die Geschlechtsvererbung erfolgt also nach dem Schema der Rückkreuzung eines monohybriden Bastards mit seinem rezessiven Elter.

Es ist zunächst vielfach angenommen worden, daß die Geschlechtsbestimmung auch bei allen anderen

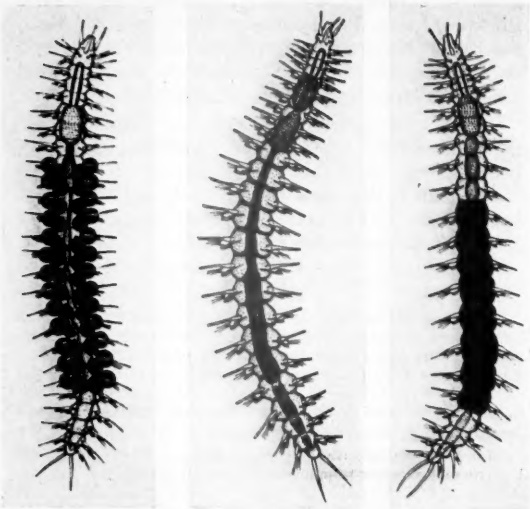


Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 1. ♀ von Grubea clavata mit in Entwicklung begriffenen Eiern auf dem Rücken. 30mal vergrößert.

Fig. 2. ♂ von Grubea clavata im Stadium der Spermatogonienvermehrung. 30mal vergrößert.

Fig. 3. ♀ von Grubea clavata mit reifen Oocyten in 8 Segmenten. 30mal vergrößert.

getrenntgeschlechtlichen Tieren auf einem ähnlichen Chromosomenmechanismus basiere. Einer solchen Verallgemeinerung standen jedoch einige, an verschiedenen Wirbellosen gewonnene Ergebnisse entgegen. So ergab sich z. B. bei der Archiannelide[1]) *Dinophilus apatris* [*1*], daß hier jedes ♀ zwei Sorten von Eiern erzeugt, nämlich große dotterreiche Eier, aus denen sich stets ♀♀ entwickeln und kleine dotterarme Eier, aus denen die sehr kleinen ♂♂ hervorgehen. Da parthenogenetisch aufgezogene ♀♀ aber wieder beide Eisorten erzeugen, kann weder ein genetischer Unterschied zwischen ♂♂- und ♀♀-Eiern vorhanden sein noch die Befruchtung einen Einfluß auf die Geschlechtsbestimmung haben. Folglich ist das Geschlecht bei *Dinophilus* nicht erblich, sondern phänotypisch und zwar progam[2]) festgelegt.

Bei der Gephyree *Bonellia viridis* [*2*], die einen noch ausgeprägteren Geschlechtsdimorphismus zeigt als *Dinophilus*, werden fast alle frei in Seewasser aufgezogenen Larven zu ♀♀, während die winzigen ♂♂ dadurch entstehen, daß sich manche Larven für eine gewisse Zeit auf dem Rüssel eines ♀♀ festsetzen und hier durch einen stofflichen Einfluß determiniert werden. Auch durch Rüsselextrakte oder bestimmte anorganische Zusätze zum Seewasser lassen sich beliebig viele Larven vermännlichen; aus Larven, deren „Rüsselparasitismus" nach einer bestimmten Zeit unterbrochen wird, entstehen Intersexe. Alle diese Ergebnisse sprechen dafür, daß bei *Bonellia* alle Larven geschlechtlich die gleiche, und zwar eine zwittrige genetische Konstitution besitzen und daß es nur Außenfaktoren sind, die metagam[3]) darüber entscheiden, welche Individuen sich zu ♂♂ und welche sich zu ♀♀ entwickeln. Leider ist bei *Bonellia* eine weitere Analyse durch Zucht- und Kreuzungsversuche wegen der Empfindlichkeit des Objekts bisher nicht möglich gewesen.

Nachdem HARTMANN und Mitarbeiter [*3*], [*4*] durch die Versuche an der proterandrischen *Ophryotrocha puerilis* die methodischen Voraussetzungen geschaffen hatten, konnten wir in den letzten zwei Jahren mit einem anderen Polychäten experimentieren, der streng getrenntgeschlechtlich, d. h. schon beim Eintritt in die 1. Geschlechtsreife alternativ entweder rein männlich oder rein weiblich differenziert ist, bei dem aber, wie durch Kreuzungsversuche nachgewiesen werden konnte, das Geschlecht trotzdem nicht genetisch, sondern modifikatorisch bestimmt wird.

Dieser Polychät ist *Grubea clavata*, eine 3 bis 4mm lange Syllide[4]) aus dem Golf von Neapel, welche stets nur in rein männlicher oder weiblicher, jedoch niemals in zwittriger Ausprägung gefunden wurde (Fig. 1—3). Eine erste Aufzucht von *Grubea* in Einzelkulturen (Futter: *Chlorodendron* und *Oxyrrhis*) ergab, daß die Tiere im Alter von 6 bis 8 Wochen mit 18 bis 21 Parapodien tragenden Segmenten (Pps) erstmals geschlechtsreif werden. Dabei wurden von 75 Individuen 60 ♂♂ und 15 = 20% ♀♀ [*5*].

Sowohl beim ♂ wie beim ♀ reifen die Geschlechtsprodukte im Coelom[5]) der mittleren Segmente, beim ♀ 4 bis 6 Oocyten pro Segment. Sobald die Eier oder Spermien reif sind, wachsen bei beiden Geschlechtern innerhalb eines Tages seitlich lange, akzessorische Borsten hervor, mit deren Hilfe die Tiere dann lebhaft herumschwimmen. Kommt hierbei ein reifes ♀ mit einem reifen ♂, das sein Sperma ins Wasser entleert, zusammen, so wird es durch einen im Spermaliquor enthaltenen Stoff [*6*] dazu veranlaßt, seine Eier (meist 30 bis 50) abzugeben; diese fallen jedoch außen nicht ab, sondern bleiben an den Parapodien hängen, werden dort befruchtet und entwickeln sich auf dem Rücken des Muttertieres (Fig. 1). Die ♂♂ werden durch Stoffe, die von reifen ♀♀ ausgehen, jedoch auch durch viele andere unspezifische Reize (plötzliche Belichtung, Temperatur- oder p_H-Änderung usf.) zur Spermaabgabe veranlaßt. Dagegen geben die ♀♀ nur

*) Zu den Anneliden gehörige Würmer, die als Bewegungsorgane kleine Stummelfüße (Pavapodien) mit vielen Borsten besitzen.

[1]) Den Polychäten nah verwandte systematische Gruppe der Anneliden.

[2]) Die phänotypische Geschlechtsbestimmung erfolgt *vor* der Befruchtung.

[3]) Die phänotypische Geschlechtsbestimmung erfolgt *nach* der Befruchtung.

[4]) Familie der Polychäten.

[5]) Sekundäre Leibeshöhle.

in Anwesenheit des arteigenen männlichen Paarungsstoffs ihre Eier ab.

Nach der Entleerung der Geschlechtsprodukte fallen die Schwimmborsten ab, und es folgt eine geschlechtlich inaktive Phase von verschieden langer Dauer. Danach werden die Tiere, unter abermaliger Entwicklung von Schwimmborsten, erneut geschlechtsreif. So bildeten im ersten Zuchtversuch alle ♂♂ im Lauf ihres Lebens (das langlebigste Exemplar starb nach 405 Tagen) mehrmals hintereinander immer wieder von neuem Sperma. Eine Umwandlung von ♂♂ in ♀♀, wie bei proterandrischen Organismen[1]), kam niemals vor.

Ganz anders verhielten sich die in der ersten Geschlechtsphase weiblichen Individuen. In weiteren Kulturversuchen wurden insgesamt 2033 Individuen, zum Teil (323 Individuen) in Einzelkulturen, unter Kontrolle aufgezogen. Dabei zeigte sich, daß von 128 ♀♀, die ihre Eier abgegeben hatten, in der nächsten Geschlechtsphase nur 47 wieder Oocyten bildeten, während der Rest sich in Sekundär-♂♂ verwandelte und von da ab in allen folgenden Geschlechtsphasen Sperma entwickelte; keines dieser Sekundär-♂♂ wurde jemals wieder weiblich. Von 10 der zum zweiten Mal weiblich reif gewordenen Individuen wurden in der 3. Phase nur 4 nochmals weiblich, während die übrigen 6 in Sekundär-♂♂ umschlugen; desgleichen reifte von 2 ♀♀, die dreimal hintereinander Oocyten entwickelt hatten, nur das eine auch zum vierten Mal als ♀, das andere hingegen bildete in der 4. Geschlechtsphase Sperma.

♀♀, die in Einzelkulturen gehalten und so der Einwirkung des männlichen Paarungsstoffs entzogen wurden, gaben ihre Eier nicht nach außen ab; vielmehr wurden diese im Coelom solcher ♀♀ überreif und verfielen der Auflösung und Resorption. Sobald die Eier resorbiert waren, begann dann in diesen isolierten, ehemals weiblichen Tieren in allen Fällen eine Entwicklung von Sperma. Auch die auf solche Weise entstandenen Sekundär-♂♂ blieben zeitlebens männlich.

Experimentell war eine Vermännlichung von ♀♀ außerdem durch Amputation des Hinterendes oder des Kopfes zu erreichen. Wurde einem ♀ ein genügend großes Stück seines Hinterendes abgeschnitten, so gelangten die im Vorderende verbliebenen Oocyten nicht mehr zur Reife, sondern wurden resorbiert, während gleichzeitig eine schnelle Regeneration der amputierten Segmente erfolgte. Sobald solche vor der Amputation weiblichen Tiere wieder eine Größe von 18 bis 21 Pps erreicht hatten, wurden sie immer als ♂♂ reif. Erhielten die Tiere nach der Amputation eine normale Ernährung, so mußten (wie 67 Versuche ergaben) mindestens 57% aller Segmente entfernt werden, um mit Sicherheit den Zerfall der in dem Tier noch vorhandenen Oocyten und die zwangsläufig darauffolgende Vermännlichung zu verursachen. Nur wenn den ♀♀ sämtliche Geschlechtssegmente abgeschnitten, dem regenerierenden Vorderende also keine Oocyten belassen worden waren, bildeten einige ♀♀, auch wenn sie 60 bis 70% ihrer Segmente bei der Amputation eingebüßt hatten, nach erfolgter Regeneration wieder Oocyten. Eine Amputation von 33 bis 57% der Segmente bewirkte teils eine Vermännlichung, teils nicht; wurden weniger als 33% abgeschnitten, so erfolgte bei normaler Ernährung niemals eine Unterbrechung der Oocytenreife. Ließen wir die operierten Tiere hingegen hungern (26 Versuche), so genügte schon eine Amputation von 12 bis 33% der Segmente, um bei einem Teil der ♀♀ Vermännlichung zu erreichen; wurden mehr als 33% der Segmente entfernt, so bewirkte dies bei gleichzeitigem Hunger bereits immer einen Umschlag zum ♂. Mit einer Ausnahme blieben alle durch Amputation vermännlichten ♀♀ dauernd männlich.

Wurde einem ♀ der Kopf abgeschnitten, so erfolgte ausnahmslos in wenigen Tagen eine Auflösung der Oocyten und anschließend die Bildung von Sperma (20 Versuche). Demgegenüber beeinträchtigte die Kopfamputation den Ablauf der männlichen Geschlechtsreife in keiner Weise.

Waren die Oocyten eines ♀ noch sehr klein und hyalin, so konnte in manchen Fällen allein schon Hunger oder eine Wassertemperatur über 26° C ihre Resorption bewirken. In diesem Stadium befindliche ♀♀ wurden nicht für Amputationsversuche verwendet. Sobald die Oocyten jedoch eine gewisse Mindestgröße erreicht hatten (kenntlich an ihrer Ausfärbung durch eingelagerten Dotter), genügten die beiden genannten Faktoren allein zur Vermännlichung nicht mehr.

Eine an geschlechtlich noch indifferenten Individuen vorgenommene Amputation des Hinterendes hatte auf deren künftiges Geschlecht offenbar keinen Einfluß; denn von 20 solchen, vor Eintritt der Geschlechtsreife stark zurückgeschnittenen Individuen wurden nach der Regeneration 16 ♂♂ und 4 ♀♀, was dem bei *Grubea* im Durchschnitt gefundenen Geschlechtsverhältnis (25% ♀♀) ziemlich entspricht.

♂♂ wurden auch nach Amputation aller Geschlechtssegmente immer wieder männlich (über 50 Versuche), ganz gleich, ob zu diesen Versuchen Primär-♂♂ oder Sekundär-♂♂ verwendet wurden. Nur in einem Ausnahmefall gelang es, ein ganz junges ♂ durch die Amputation aller Spermatogonien enthaltenden Segmente experimentell so zu beeinflussen, daß es nach erfolgter Regeneration ♀ wurde.

Die im folgenden beschriebenen Zuchtversuche wurden mit einem Material ausgeführt, das von 10 befruchteten ♀♀ aus S. Lucia (Neapel) abstammt und bisher über sechs Generationen hinweg gezüchtet werden konnte.

Von 601 unter schlechten Futterbedingungen aufgezogenen Individuen, die durchwegs Kreuzungen von ♀♀ mit Primär-♂♂ entstammten, wurden 501 ♂♂ und 100 = 17% ♀♀. Dagegen ergaben 243 unter optimalen Ernährungsbedingungen gezüchtete Individuen, die ebenfalls ausnahmslos Nachkommen von ♀♀ und Primär-♂♂ waren, 144 ♂♂ und 99 = 41% ♀♀, also einen mehr als doppelt so hohen ♀♀-Anteil.

12 Kreuzungen von ♀♀ mit Sekundär-♂♂ (d.h. ehemaligen ♀♀) ergaben insgesamt 265 ♂♂ und 118 = 31% ♀♀, also kein gegenüber den Kreuzungen von ♀♀ mit Primär-♂♂ abweichendes Geschlechtsverhältnis, wie es hätte erwartet werden müssen, wenn sich ♂♂ und ♀♀ von *Grubea* in ihrer genetischen Konstitution unterscheiden würden.

Aus 17 Zuchten, die von im Freien erbeuteten ♀♀ mit Embryonen abstammen und bei denen folglich nicht feststellbar ist, ob die Väter Primär-♂♂ oder Sekundär-♂♂ waren, gingen 619 ♂♂ und 187 = 23% ♀♀ hervor.

[1]) Zwitter, die zuerst ♂, dann ♀ Geschlechtsprodukte bilden.

Weicht schon der Gesamtdurchschnitt im Geschlechtsverhältnis von *Grubea* (75 ♂♂ : 25 ♀♀) stark von 1:1 ab, so finden sich in einzelnen Zuchten noch viel extremere Verhältnisse; die einzelnen ♀♀-Prozentsätze schwanken nämlich von Zucht zu Zucht zwischen 0 und 69% ♀♀. Zwar finden sich am häufigsten mittlere Werte zwischen 20 und 30% ♀♀, jedoch waren z.B. in einer Zucht alle 34 Individuen ausnahmslos ♂♂, während in einer anderen Zucht von 36 Tieren nur 11 ♂♂ und 25 ♀♀ waren. Auch unter den Kreuzungen ♀♀ × Sekundär-♂♂ befinden sich Zuchten mit nur 3 und 7% ♀♀. Diese Schwankungen im ♀♀-Anteil der einzelnen Zuchten liegen weit über dem, was nur auf einem statistischen Fehler beruhen könnte. Inzuchtversuche ließen erkennen, daß aber trotzdem der ♀♀-Prozentsatz einer Zucht nicht auf die Nachkommen vererbt wird. So stammten z.B. von einer Zucht, in der 48% der Tiere ♀♀ gewesen waren, 9 Zuchten ab, in denen folgende ♀♀-Anteile festgestellt wurden: 0, 7, 10, 11, 20, 20, 21, 25, 42%.

Daß die bei *Grubea clavata* gewonnenen Ergebnisse nicht einen alleinstehenden Sonderfall darstellen, zeigen vergleichende Beobachtungen an der zur selben Unterfamilie (Exogoninae) gehörigen *Exogone gemmifera*, welche in bezug auf die Sexualitätsverhältnisse so weitgehende Übereinstimmungen zwischen beiden Arten ergaben, daß man für *Exogone* mit aller Wahrscheinlichkeit denselben Geschlechtsbestimmungsmodus, wie er für *Grubea* festgestellt wurde, annehmen kann.

Die Tatsache, daß aus Kreuzungen von ♀♀ mit Sekundär-♂♂ (bei genotypischer Geschlechtsbestimmung hätten diese ♂♂ eine genetisch weibliche Konstitution) nicht 75 oder 100% ♀♀, sondern im Durchschnitt nur 31%, in den einzelnen Zuchten zum Teil sogar noch viel weniger ♀♀ (3, 7, 13% usf.) hervorgingen, kann nur dahingehend gedeutet werden, daß bei *Grubea* alle Individuen in bezug auf ihr Geschlecht genetisch gleich und zwar zwittrig veranlagt sind. Da jedoch bei *Grubea*, im Gegensatz zu vielen anderen genetischen Zwittern, bestimmte, vermutlich genetisch festgelegte Bedingungen im Organismus eine gleichzeitige Entwicklung von Eiern und Spermien nicht zulassen, entscheiden Außenfaktoren (im weitesten Sinne) darüber, welches von den beiden, genetisch in gleicher Stärke manifestierten Geschlechtern phänotypisch realisiert wird. Man muß demnach zwischen Tieren, die sowohl in ihrem Genotypus als auch in ihrem Phänotypus zwittrig sind, und solchen, die ebenfalls genetisch zwittrig, aber phänotypisch getrenntgeschlechtlich sind, unterscheiden.

Das Ergebnis der Kreuzung von ♀♀ mit sekundär in ♂♂ verwandelten ♀♀ bei *Grubea* unterscheidet sich prinzipiell von dem Ergebnis eines entsprechenden Experiments bei schwachen Froschrassen; bei diesen resultieren aus einer derartigen Kreuzung tatsächlich 100% ♀♀, was eindeutig beweist, daß auch bei solchen geschlechtslabilen Fröschen das Geschlecht genetisch determiniert ist, wenn auch die Stärkeunterschiede zwischen *F*- und *M*-Faktoren so gering sind, daß sie zuweilen (im Fall der sog. Adult-Hermaphroditen) sekundär von modifizierenden Einflüssen überlagert werden können. Bei *Grubea* hingegen zeigt das Kreuzungsexperiment, daß das Geschlecht auch nicht schwach genetisch determiniert sein kann, sondern daß es ausschließlich von modifizierenden Einflüssen abhängig sein muß.

Die ♂♂ von *Grubea* wandelten sich niemals in ♀♀ um; auch experimentell war dies, mit einer Ausnahme, nicht möglich. Desgleichen blieben ♀♀, die einmal zur Spermabildung übergegangen waren, in der Folgezeit dauernd männlich. Man kann demnach annehmen, daß die erstmalige Entwicklung von Sperma im *Grubea*-Organismus eine Veränderung mit sich bringt, die normalerweise irreversibel ist und eine Entwicklung von Oocyten absolut hemmt.

Die ♀♀ bildeten ebenfalls niemals Sperma, solange sich wachsende Oocyten in ihrem Coelom befanden. Auch die Oocyten üben also umgekehrt eine Hemmung auf die Spermaentwicklung aus. Jedoch ist diese Hemmung nicht irreversibel; vielmehr wird sie durch die Entfernung der Oocyten aus dem Coelom bei der Eiablage wieder aufgehoben, so daß bei den ♀♀ durch die Eiablage der sexuelle status quo ante, d.h. die Möglichkeit zu einer Differenzierung sowohl in männlicher als auch in weiblicher Richtung wieder hergestellt wird (♀♀ wurden nach der Eiablage in der nächsten Phase teils ♂♂, teils ♀♀). Auch durch das Einsetzen von Bedingungen, unter denen die Oocyten nicht mehr gedeihen können, sondern zerfallen und resorbiert werden (und diese Wirkung ist offenbar den verschiedenen experimentellen Eingriffen, wie Amputationen, Verhinderung der Eiablage, Hunger usf., gemeinsam), hebt die Hemmung für die Spermaentwicklung auf. In diesem Fall wurden allerdings alle derart behandelten ♀♀ nach der Resorption ihrer Oocyten ♂♂. Dieser Umstand erfordert die Annahme, daß die durch den Zerfall der Oocyten im Coelom entstehenden Bedingungen stark vermännlichend, d.h. die Spermaentwicklung anregend (bzw. die Oocytenbildung hemmend) wirken. Dafür spricht auch der Befund, daß ♀♀, denen bei einer Amputation von mehr als 57% ihrer Segmente einige Segmente mit Oocyten belassen worden waren und die folglich während der Regeneration zerfallendes Oocytenmaterial enthielten, nach der Regeneration ausnahmslos männlich wurden, während bei den ♀♀, denen alle Geschlechtssegmente abgeschnitten worden waren, der vermännlichende Einfluß des Oocytenzerfalls fehlte, so daß von ihnen nach der Regeneration zwei Individuen wieder Oocyten entwickelten.

Die großen Schwankungen im Geschlechtsverhältnis der einzelnen Zuchten sprechen dafür, daß es sich bei den „Außenbedingungen", die das Geschlecht bei *Grubea* bestimmen, um einen ganzen Komplex von männlich-fördernden bzw. weiblich-hemmenden und antagonistisch wirkenden, also weiblich-fördernden bzw. männlich-hemmenden Faktoren handelt, die sich nach statistischen Gesetzen (d.h. zufallsgemäß) kombinieren und deren Gleichgewicht durch manche kontrollierbaren Bedingungen, so z.B. durch die Ernährung verschoben werden kann (bei schlechter Ernährung 17% ♀♀, bei guter Ernährung 41% ♀♀). In diesem Komplex geschlechtsmodifizierender Faktoren müssen die männlich-bestimmenden Einflüsse im Durchschnitt vorherrschen, da durchschnittlich 75% aller Individuen ♂♂ wurden.

Bei *Grubea* (wie auch bei *Ophryotrocha*) ist offenbar der männliche Zustand der stabilere, d.h. ihm entsprechen alle überhaupt noch physiologischen Bedingungen, während sich der weibliche Zustand nur

bei einer Kombination besonders gearteter Umstände (bei einem bestimmten Mindest-„Lebenslagewert") ausbildet. Dies kommt unter anderem darin zum Ausdruck, daß bei beiden Objekten stets nur eine experimentelle Umwandlung von ♀♀ in ♂♂ gelingt, niemals umgekehrt (bei *Grubea* eine Ausnahme). Offenbar lassen sich die spezifischen Bedingungen, unter denen allein die weibliche Differenzierung möglich ist, durch experimentelle Eingriffe nur zerstören, aber nicht synthetisieren.

Einige Tatsachen lassen vermuten, daß die Entscheidung über die Richtung der sexuellen Differenzierung bei *Grubea* erst kurz vor dem Eintritt in die Geschlechtsreife fällt. Hierfür spricht z.B. die größenordnungsmäßige Übereinstimmung des Prozentsatzes von ♀♀, die nach der Eiablage in der nächsten Geschlechtsphase wieder ♀♀ wurden, mit dem primär bei der ersten Geschlechtsreife auftretenden ♀♀-Prozentsatz. Anscheinend sind in beiden Fällen dieselben geschlechtsmodifizierenden Faktoren wirksam. Da bei den ♀♀ nach der Eiablage die nächste Geschlechtsphase oft in sehr kurzem Abstand folgt, kann hier die Geschlechtsbestimmung erst kurz vor dem Eintritt in die neuerliche sexuelle Differenzierung erfolgen.

Über das Wesen der einzelnen geschlechtsmodifizierenden Faktoren wissen wir, abgesehen von dem nachgewiesenen Einfluß der Ernährung, zur Zeit noch nichts.

Die an *Grubea* gewonnenen Ergebnisse beweisen, daß auch bei vollkommener Getrenntgeschlechtlichkeit, d.h. bei streng alternativer Realisation des Geschlechts, die Richtung der sexuellen Differenzierung jedes einzelnen Individuums nicht unter allen Umständen genotypisch bedingt sein muß, sondern daß eine strenge Geschlechtstrennung ebenso durch nichterbliche, geschlechtsmodifizierende Faktoren bewirkt werden kann. Ein derartiger Geschlechtsbestimmungsmodus erinnert an die Erscheinung der umschlagenden Modifikabilität.

Literatur.

[1] BEAUCHAMP, P.: C. R. Acad. Sci. Paris **150**, 739 (1910). — [2] BALTZER, F.: Publ. Staz. zool. Napoli **6**, 223 (1925). — [3] HARTMANN, M.: Die Sexualität. Jena: Gustav Fischer 1943. — [4] HARTMANN, M., u. W. HUTH: Zool. Jb. **56**, 389 (1936). — [5] HAUENSCHILD, C.: Zool. Jb. **1952**. — [6] HAUENSCHILD, A. u. C.: Zool. Jb. **62**, 429 (1951).

Aus dem Max-Planck-Institut für Biologie, Abt. HARTMANN *(Tübingen), und der Zoologischen Station Neapel.*

Eingegangen am 5. März 1952.

Über die Bestimmung und Realisation des Geschlechts bei Süßwasserpolypen.

Von L. WIESE, Tübingen.

Als Grundlage jeder Determination in männlich und weiblich ist durch genetische und entwicklungsphysiologische Untersuchungen eine *bisexuelle Potenz* des Organismus erkannt. Am offenkundigsten tritt sie bei einem Zwitter (Monoezisten) in Erscheinung. Sie ist aber auch in getrenntgeschlechtlichen (dioezischen) Formen vorhanden und experimentell noch in den sexuell differenzierten Keimzellen nachweisbar. Bei Dioezie wird auf der Basis der bisexuellen Potenz durch erbliche Faktoren, durch geschlechtsspezifische Gene *F* oder *M* das betreffende ♀ oder ♂ Geschlecht des Individuums „realisiert" [3]. Die sexuelle Differenzierung eines Monoezisten glaubte man zunächst ohne Beteiligung von solchen Realisatoren, allein aus der bisexuellen Potenz der Form heraus erklären zu können [1]. Als Ausnahmefälle wurden aber durch Austausch von Realisatorgenen bei der Reduktionsteilung durch HÜTTIG, MOEWUS und GREIS aus dioezischen Formen (Algen und Pilze) echte Zwitter erhalten, die somit nachweislich durch die Vereinigung von *F*- und *M*-Genen in ihrem Genom bewirkt wurden und sich in nichts von den in der Natur vorkommenden Zwittern unterschieden. Andererseits zeigte sich in allen analysierten Fällen auch bei Monoezie die sexuelle Differenzierung von Realisatoren abhängig, die für beide Geschlechter in ausgeglichener Stärke wirksam sein müssen [3]. Über die Art und Weise, wie in einem Zwitter bei gleich starken Realisatoren die Ausbildung der ♂ und ♀ Gameten entwicklungsphysiologisch zustande kommt, ist wenig bekannt. CORRENS nahm rein formal neben den Anlagen für die Bildung der Merkmale beider Geschlechter, dem sog. *AG*-Komplex, ein weiteres Gen oder einen Genkomplex *Z* an, der für Ort und Zeit der Ausbildung der Geschlechtsmerkmale verantwortlich sein sollte [1].

Eine Klärung der Frage nach der Art der Beeinflussung der bisexuellen Potenz durch die übrigen bei der sexuellen Differenzierung wirksamen Faktoren ist vor allem durch die Kombination von entwicklungsphysiologischen und genetischen Experimenten zu erwarten.

Für die Durchführung derartiger Versuche erscheinen die Süßwasserpolypen aus mehreren Gründen geeignet. Bei ihrer niederen Organisation besteht die einzige sexuelle Differenzierung in der periodischen Bildung von Gameten aus dauernd vorhandenem, geschlechtlich undifferenziertem Material. Dieser Differenzierungsprozeß wird ausschließlich durch äußere Faktoren induziert und ist daher leicht auszulösen. Neben den Vorteilen der vegetativen Vermehrung dieser Formen und ihrer besonderen Eignung zu entwicklungsphysiologischen Versuchen bietet die unterschiedliche Geschlechtsverteilung der einzelnen Rassen und Arten der Familie Möglichkeit zu bestimmten Kreuzungsanalysen. Es finden sich neben echten ♂♂ (*Chlorohydra, Hydra circumcincta, H. vulg. vulgaris, Pelmatohydra Braueri*) reine Dioezisten (*P. oligactis*) und dazwischen als Übergangsform die dioezische *Hydra vulg. attenuata* mit einer labilen Determination des Geschlechts, die in bestimmtem Umfang einen Geschlechtsumschlag gestattet.

Diese interessanten Verhältnisse wurden von W. GOETSCH in mehreren Arbeiten entwicklungsphysiologisch untersucht [2]. Er kombinierte durch Pfropfung Material beider Geschlechter der dioezischen *Hydra vulg. attenuata* und fand, daß in der entstehenden Sexualchimäre nicht die beiden Geschlechter der Ausgangsteile und damit ein zwittriger Zustand realisiert wurde, sondern daß ein Geschlecht unterdrückt wurde und der Pfropfbastard in seinem gesamten

Körperbereich Gameten nur des anderen Geschlechts ausbildet. Doch mußte er bei seinem Versuchsobjekt eine Labilität in der Determination des Geschlechts feststellen, die einen solchen Umschlag, wie er in einem Teil des Pfropfbastards erfolgt, auch durch verschiedene andere Faktoren zuläßt (Regeneration, Depression, Infektion mit symbiontischen Algen). Genetische Versuche hat Goetsch nicht durchgeführt.

Es fragt sich nun, wie bei dem Verhalten dieser Form die Geschlechtsbestimmung erfolgt, und wie sich in gleichartigen Versuchen die ungleich strenger festgelegte Determination von *P. oligactis* auswirkt. Die Ausdehnung der Versuche Goetschs auf diese Art führt zu interessanten Befunden, die sich in verschiedener Richtung ausbauen ließen [*4*].

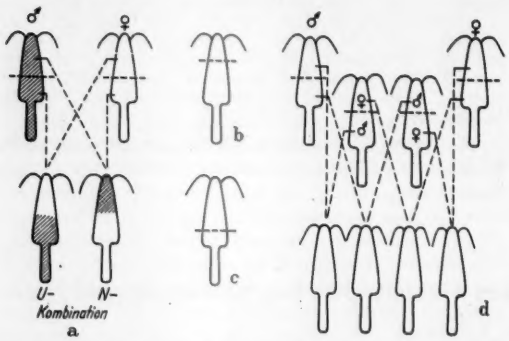


Fig. 1a—d. Schemata zu den Pfropfversuchen. a Pfropfungen im Mengenverhältnis 1:1; b u. c im Mengenverhältnis 2:1; b Mundpartienaustausch; c Fußpartienaustausch; d Rückpfropfungsschema.

I. Entwicklungsphysiologische Versuche.

In langfristigen, zum Teil 38 Monate andauernden Kulturversuchen von Klonen beider Geschlechter konnte an Material der verschiedensten Herkunft gezeigt werden, daß die Form streng dioezisch ist und die Determination des Geschlechts unverändert festliegt.

Die wechselseitige Beeinflussung der Geschlechter im Pfropfbastard wurde in einer Reihe von verschiedenartig ausgeführten Pfropfungen zwischen Material beider Geschlechter untersucht. Die beiden Tiere werden in gestrecktem Zustand quer zu ihrer Längsachse so zerschnitten, daß das jeweils gewünschte Mengenverhältnis verwirklicht wird. Die Teile werden dann in der geforderten Kombination auf ein Pferdehaar aufgezogen, wo sie verwachsen und sich nach einigen Stunden gemeinsam abstreifen lassen. Bei einer Pfropfung von zwei Individuen resultieren jeweils zwei verschiedene reziproke Pfropfbastarde, einer, der den ♂ Teil oben, den ♀ unten besitzt, eine sog. *N*-Kombination, und einer mit inverser Anordnung der Ausgangsteile, eine sog. *U*-Kombination (s. Fig. 1).

Die Serie I umfaßt 98 Pfropfungen zwischen dem ♂ Klon K 13 (Neckar) und dem ♀ Klon K 63 (Federsee), bei denen gleich große Teile beider Geschlechter verwandt wurden. Die 98 Pfropfungen zeigten unabhängig von ihrem Charakter als *U*- oder *N*-Kombinationen ein sehr einheitliches Verhalten: 92 Tiere bildeten Gonaden aus, und es waren 90 Tiere männlich und 2 weiblich. Die ♂ Pfropfbastarde waren von einem echten ♂ nicht zu unterscheiden, sie besaßen Hoden im gesamten Körperbereich, und die beiden ♀ Tiere, beide *N*-Kombinationen, bildeten auch im früher ♂ Oberteil je ein großes Ovar aus (s. Fig. 2 und 3).

Die Kombination zweier verschiedengeschlechtlicher Ausgangsteile im Pfropfbastard führt also auch bei *P. oligactis* trotz der normalerweise irreversibel erfolgenden Determination des Geschlechts nicht zur Ausbildung eines zwittrigen Zustandes, sondern es

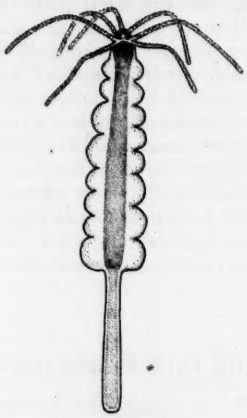


Fig. 2. Männlicher Pfropfbastard der Serie I.

Fig. 3. Weiblicher Pfropfbastard der Serie I.

setzt sich wie bei *Hydra vulg. attenuata* das eine Geschlecht im Bereich des gegengeschlechtlichen Ausgangsteiles durch. Dieser Geschlechtsumschlag ist, wie Kontrollen mit gleichgeschlechtlichen Pfropfungen und Regenerationsversuche zeigen, hier aber ganz spezifisch auf die im Pfropfbastard erfolgende Einwirkung des Gegengeschlechts zurückzuführen.

Der Geschlechtsumschlag ist bereits nach zwei Tagen vollzogen, da nur die kurz nach der Pfropfung sich ablösenden Knospen noch das Geschlecht des Ausgangsteils erkennen lassen, wogegen etwas jüngere Stadien bereits das später vom Pfropfbastard realisierte Geschlecht aufweisen.

Auffällig ist in dieser Serie, daß bis auf die beiden Ausnahmen stets das ♀ Geschlecht unterdrückt wird. Bei der Kombination dieses Materials in dem Mengenverhältnis ♂:♀ wie 1:1 erscheint das ♂ Geschlecht stärker, und es fragt sich, ob durch eine mengenmäßige Verstärkung des ♀ Anteils auch dem ♀ Geschlecht zur Realisation geholfen werden kann. In einer Serie II wurden daher Pfropfungen im Verhältnis 2:1 vorgenommen („Mundpartienaustausch", siehe Fig. 1b). Von 23 Tieren waren 12 *N*-Kombinationen und 11 *U*-Kombinationen. In dieser Serie ergibt sich nun ein sehr charakteristisches Bild. Alle *U*-Kombinationen realisieren, wie zu erwarten, ausnahmslos das ♂ Geschlecht. Auch 6 Tiere der *N*-Kombinationen erscheinen trotz des überwiegend ♀ Ausgangsmaterials rein ♂, 5 aber entwickeln sowohl ♂ wie ♀ Gameten, und 1 Tier bildete ohne Anzeichen einer ♂ Differenzierung drei große Ovarien aus. Stets kann das ♀ Element nur in der *N*-Kombination zum Zuge kom-

men, wo es sich mit dem vergrößerten Unterteil im Übergewicht befindet.

Die ♂ Pfropfbastarde behielten in weiteren Geschlechtsperioden ihr neu erworbenes Geschlecht bei, die ⚥ und ♀ Pfropfbastarde gingen dagegen regelmäßig bei der Gonadenbildung zugrunde. Von den Zwittern wurden bisher keine Knospen erhalten.

Bei dem Versuch, in neuen Pfropfserien weitere Zwitter zu erzielen, ergaben sich interessante Abweichungen. Es mußten andere Klone verwandt werden, bei denen sich in der Kombination 1:1 nun umgekehrt das ♀ Geschlecht überlegen zeigte. Aus 74 Pfropfungen der Serie III entwickelten sich 64 ♀♀ und 10 ♂♂. Warum es eigentümlicherweise bei allen im Verhältnis 1:1 erfolgten Pfropfungen stets zu einem völligen Umschlag kam und nicht einmal der zwittrige Zustand realisiert wurde, ist nach den bisher vorliegenden Ergebnissen nicht erklärbar.

Bei den 2:1 Kombinationen kam es erneut zur Zwitterbildung. Von 25 Tieren der Serie VI („Fußpartienaustausch", s. Fig. 1c) zeigten sich 12 Tiere ♀, 6 ♂ und 7 ⚥. Die 7 ⚥⚥ sind sämtlich *N*-Kombinationen.

Am aufschlußreichsten gestalteten sich die Verhältnisse in den 2:1 Pfropfungen der Serie V (Mundpartienaustausch). Von 48 Pfropfbastarden traten 45 Tiere in Gametenbildung, und es entwickelten sich 34 Tiere ♀, 8 ♂ und 3 ⚥. In diesen 3 ⚥⚥, *U*-Kombinationen, war das mengenmäßige Überwiegen des ♂ Ausgangsmaterials durch die Kombination eines großen ♂ Unterteils mit einem kleinen ♀ Oberteil erzielt worden. Die sexuelle Differenzierung erfolgte jedoch wie bei den anderen experimentell erhaltenen Zwittern und wie bei den verwandten monoezischen Arten: Im oberen Körperdrittel wurden die Hoden und in der unteren Körperhälfte die Ovarien angelegt (s. Fig. 4 Pfropfzwitter und Fig. 5 *H. circumcincta*).

Über den Vorgang des Geschlechtsumschlags geben vor allem Rückpfropfungsversuche Aufschluß, wo Pfropfteile eines heterosexuellen Pfropfbastards, die sich in der Färbung des Entoderms deutlich unterschieden, nach 4 Tagen wieder getrennt und jeweils auf ein weiteres Individuum ihres Ausgangsgeschlechts zurückgepfropft wurden, s. Fig. 1, Schema d. Diese zweiten Pfropfbastarde bestanden somit aus Teilen von Tieren des gleichen Klons, deren einer Teil 4 Tage lang unter der Einwirkung des Gegengeschlechts gestanden hatte. Von 34 Pfropfungen entwickelten sich 22 Tiere rein ♀ und 5 ♂, die restlichen 7 Tiere gaben ihr Geschlecht nicht zu erkennen. Es haben sich also wenigstens 5 Tiere in ♀ Richtung entwickelt, die keinen ♀ Anteil besaßen, was durch das Verhalten der Kontrollen nur auf die vorübergehende Einwirkung des Gegengeschlechts zurückgeführt werden kann.

II. Genetische Versuche.

Diese Befunde machen auch für *P. oligactis* eine phänotypische Bestimmung des Geschlechts sehr wahrscheinlich und lassen eine genetische Ermittlung der Art der Geschlechtsbestimmung zu. Man kann Eier, die im ♂ Umschlagteil eines Pfropfbastards entstanden, befruchten durch Sperma eines Tieres des ♂ Ausgangsklons und andererseits Eier von ♀ Ausgangstieren durch Sperma von im ♀ Umschlagsteil gelegenen Hoden. Das Vorliegen einer genotypischen Geschlechtsbestimmung müßte sich in diesen beiden Kreuzungen durch eine Verschiebung des Geschlechtsverhältnisses der daraus hervorgehenden Individuen bemerkbar machen. Die auf diese Weise bei *P. oligactis* bisher gewonnenen Ergebnisse lassen aber noch keine Entscheidung zu, weitere Versuche zur Erlangung eines größeren Zahlenmaterials sind im Gange. Für *Hydra vulg. attenuata* konnte auf ähnliche Weise die phänotypische Bestimmung des Geschlechts durch Kreuzung von Umschlagstieren mit Individuen des Ausgangsklons ermittelt werden, wie sie auf Grund der Ergebnisse GOETSCHs zu erwarten war.

Fig. 4. Zwittriger Pfropfbastard der Serie V.

Fig. 5. *Hydra circumcincta* in Gametenbildung.

Bei Vorliegen einer phänotypischen Geschlechtsbestimmung bei *P. oligactis* muß die Determination des Geschlechts sehr früh im Leben des Individuums bereits vor Eintritt der ersten Geschlechtsperiode und vor dem Ablösen der ersten Knospe stattfinden, da die Knospen eines aus dem Ei gezogenen Tieres bereits das Geschlecht besitzen, das ihr Stammtier in seiner ersten Geschlechtsperiode realisieren wird.

Diskussion.

Diese Befunde an *P. oligactis* gestatten einen Einblick in die physiologischen Abläufe bei der sexuellen Differenzierung und erlauben gewisse Rückschlüsse auf die Wirkung der einzelnen beteiligten Faktoren. In den Geschlechtsumschlägen im Pfropfbastard tritt die bisexuelle Potenz dieser streng dioezischen Form deutlich zutage. Ein normalerweise fest determinierter Teil vermag unter der Einwirkung des Gegengeschlechts dessen Gameten zu produzieren. Die Möglichkeit, daß die Gameten alle nur dem einen Anteil des Pfropfbastards entstammen, ist wohl auszuschließen. Man müßte dann annehmen, daß die *I*-Zellen als Urgeschlechtszellen schon sexuell determiniert seien und in den umschlagenden Teil übertreten. Eine solche Ausbreitungsbewegung müßte aber einmal in den 1:1 Pfropfungen ungerichtet, in den Fällen der zwittrigen *U*-Kombinationen aber streng gerichtet und für die sexuell verschiedenen gegensinnig erfolgen, indem die ♂ determinierten Zellen von unten nach oben, die ♀ determinierten von oben nach unten wandern. Auch sprechen meines Erachtens die Ergebnisse der Rückpfropfungsversuche und die Abhängigkeit des

Geschlechts von der Menge des Ausgangsmaterials einwandfrei gegen eine solche Deutung. Experimentell wäre diese Frage nur über eine Markierung der *I*-Zellen des einen Geschlechts zu lösen.

Bei der normalen Determination des Geschlechts muß die bisexuelle Potenz durch einen Faktor beeinflußt werden, der die Ausbildung nur eines Geschlechts zuläßt und die männliche oder weibliche Tendenz des Individuums streng festlegt. Dieser Faktor ist hier nur an seiner entwicklungsphysiologischen Auswirkung erkennbar, kann daher nicht ohne weiteres mit einem Realisator identifiziert, wohl aber irgendwie von ihm abhängig gedacht werden. Dieser Faktor kann genetisch oder irgendwie phänotypisch bestimmt sein. Die geschlechtlichen Tendenzen beeinflussen sich bei ihrer Kombination im Pfropfexperiment und erweisen sich unterschiedlich stark. Ein Ausgleich in der Stärke der Tendenzen durch eine Vergrößerung des Anteils des schwächeren Geschlechts führt zur Zwitterbildung, wie sich besonders schön an den Pfropfungen der Serie II ersehen läßt.

Die Differenzierung der Zwitter läßt in den drei *U*-Kombinationen der Serie VI ein gestaltendes Prinzip erkennen: auch bei inverser Anordnung der Ausgangsgeschlechter erfolgt die Differenzierung in der geschilderten Weise regionsspezifisch und zeigt damit eine Abhängigkeit von einem in der Organisation des Tieres angelegten Gradienten. Diese regionsspezifische Differenzierung der aus einer dioezischen Form experimentell erzeugten Zwitter entspricht völlig den Verhältnissen der verwandten echt zwittrigen Formen.

Unter bestimmten Umständen ist also bei dieser streng dioezischen Form eine zwittrige Organisation möglich. Sie kommt nach der hier vorgenommenen Ausdeutung zustande durch einen Ausgleich der Stärke der beiden normalerweise verschieden starken geschlechtlichen Tendenzen. Die unterschiedliche Geschlechtsverteilung zweier Formen kann also verursacht sein durch einen graduellen Unterschied in der Stärke der geschlechtlichen Tendenzen. Wenn nun bei einer Art auf der Grundlage ausgeglichener Realisatoren stets eine zwittrige Organisation realisiert wird, bei einer anderen Art mit phänotypischer Geschlechtsbestimmung eine ausgeglichene Wirkung beider Realisatoren die Voraussetzung darstellt für eine Dioezie, dann muß diese Alternative Monoezie–Dioezie irgendwie in der Reaktionsnorm der Art verankert sein. Es könnte z.B. die Organisation der getrenntgeschlechtlichen Form die Ausbildung nur eines Geschlechts erlauben. Hier aber zeigt sich im Experiment, daß auch der zwittrige Zustand realisiert werden kann und die Grundlage seiner Differenzierung in Gestalt des Gradienten auch in der Organisation der streng dioezischen Form vorhanden ist. Damit müßte ein weiterer Unterschied hinzukommen, der sich vielleicht im Kreuzungsversuch zwischen einer monoezischen und einer dioezischen Form mit phänotypischer Geschlechtsbestimmung erfassen ließe.

An dem Differenzierungsgeschehen sind damit folgende Faktoren beteiligt und experimentell nachgewiesen:

eine bisexuelle Potenz,

ein Faktor oder Faktoren, die auf der Basis der bisexuellen Potenz eine ♂ oder ♀ Tendenz realisieren,

ein Gradient, der die Differenzierung regionsspezifisch zu beeinflussen vermag,

und die den Vorgang der Gametenbildung auslösenden Faktoren.

Schließlich scheint sich noch ein weiterer Faktor in Gestalt eines artspezifisch festgelegten Verhaltens in bezug auf Monoezie und Dioezie aufzuzeigen. Der Gradient und die Faktoren, die die Reaktionsbasis für die Sexualität induzierenden Außeneinflüsse abgeben, wären dem *Z*-Faktoren-Komplex von Correns zuzuordnen.

Durch eine unterschiedliche Beteiligung der einzelnen Faktoren ließen sich ohne weiteres die Unterschiede in der Geschlechtsverteilung und der Geschlechtsvererbung der einzelnen Arten und Rassen erklären.

Literatur.

[1] Correns, C.: Bestimmung, Vererbung und Verteilung des Geschlechts bei den höheren Pflanzen. In Handbuch der Vererbungswissenschaften, Bd. II. 1928. — [2] Goetsch, W.: Arch. Entw.mechan. 111 (1927). — [3] Hartmann, M.: Die Sexualität. Jena: Gustav Fischer 1943. — [4] Wiese, L.: Zool. Jb. 1952.

Aus dem Max-Planck-Institut für Biologie, Abt. Hartmann *(Tübingen).*

Eingegangen am 5. März 1952.

Gas-Emission im Körper von Tieren.

Von Otto Harnisch, Plön.

Einleitung: Die Sekretionstheorie der Atmung.

Um die Jahrhundertwende stellte Bohr (z.B. 1908) der Diffusionstheorie der Atmung die Sekretionstheorie gegenüber. Seine Untersuchungen schienen eindeutig darauf hinzuweisen, daß der Gaswechsel durch die Säugerlunge nicht ausreichend durch Diffusionsvorgänge erklärt werden kann. Daher nahm Bohr an, daß das Lungenepithel sekretorische Fähigkeiten besitzt. Bohr hat seine Theorie überzeugend dargelegt und energisch verfochten. Doch entzogen sorgfältige Untersuchungen früherer Anhänger dieser Theorie (Krogh, Haldane u. a.) ihr eine Stütze nach der anderen. Auch ein „Rückzugsgefecht" Haldanes (1922) auf pathologischem Gebiet dürfte mit einer Niederlage endigen [M. Krogh (1915), Barcroft 1914, 1919/20], so daß heute die Sekretionstheorie der Lungenatmung als abgetan gilt. — Dieses Schicksal der von einem ausgezeichneten Forscher sorgsam begründeten „Sekretionstheorie" müssen wir uns vor Augen halten, wenn wir im folgenden ein Auftreten von Gas im Tierkörper betrachten.

Gase im Körper von Tieren.

1. Die Fischschwimmblase.

Ein bekanntes und viel untersuchtes Beispiel für Gasansammlungen im Tierkörper ist die Schwimmblase der Fische. Gewiß steht die Schwimmblase bei vielen Fischen (Physostomen) durch den Ductus pneumaticus mit dem Darmkanal und damit mit der Außenwelt in Verbindung, und Beobachtungen zeigen,

daß bei ihnen Auffüllung der Schwimmblase durch Schlucken von Luft an der Wasseroberfläche erfolgt (Salmoniden, Cypriniden, Hecht). Nach JACOBS (1934) ist dies bei Bach-, Regenbogenforelle und Huchen offenbar die einzige Möglichkeit zur Ergänzung des Schwimmblasengases. Untersuchungen über die Erstfüllung der Schwimmblase beim Jungfisch zeigten auch vielfach, daß diese durch Schlucken von Oberflächenluft erfolgt, und daß die Schwimmblase von Jungfischen, die von der Luft abgeschlossen wurden, leer bleibt. Dies gilt sogar für manche Physoclisten, die auf diesem Stadium noch einen Ductus pneumaticus besitzen.

Demgegenüber gibt es aber eine Reihe von Tatsachen, die darauf hinweisen, daß das Gas der Schwimmblase nicht immer aus dem Medium stammt: 1. Bei einigen Fischen (Seepferdchen, *Hemidromus*, *Opsanus tau*) wird auch bei Luftabschluß die Blase mit Gas gefüllt. 2. Die Zusammensetzung des Gasgemisches in der Schwimmblase weicht oft erheblich von der der atmosphärischen Luft ab. Nicht selten findet man sehr geringen O_2-Gehalt; auf der anderen Seite zeigt schon das Blasengas des Hechtes oft auffallend hohen O_2-Gehalt (35%), und vor allem haben Meeresfische aus größeren Tiefen oft überraschend hohen O_2-Gehalt in ihrer Schwimmblase (bis 87,7%). Jedenfalls ergab sich nur beim Barsch (also einem Physoclisten) eine der der Luft ähnliche Zusammensetzung des Schwimmblasengases. Diese Daten weisen deutlich darauf hin, daß das Gas nicht einfach von der Atmosphäre aufgenommen ist. 3. JACOBS hat in eingehenden Untersuchungen am Barsch (1930, 1932, 1934) die Zusammensetzung des Gases bei Neufüllung der Blase nach Punktion verfolgt. Es zeigte sich, daß, wenn auch mit mancherlei Unterschieden, in der Hauptsache eine Abscheidung von CO_2 und O_2 zu beobachten ist, die dabei zeitweilig einen höheren Partialdruck haben, als er in den umgebenden Geweben und vor allem im Blut des Fisches herrscht.

Nun besitzt die Schwimmblase, namentlich die der Physoclisten, eine mit „Wundernetzen" versehene epitheliale Wucherung, die sog. „Gasdrüse". In dieser sehr mannigfaltig entwickelten Bildung wurde vielfach der „Sekretionsort" für Gase der Schwimmblase gesehen. Es ließ sich auch zeigen, daß die Gasdrüse sicher eine wesentliche Rolle beim Zustandekommen der Gasabgabe spielt; denn Unterbindung der zuführenden Gefäße oder Durchtrennung des versorgenden Vagusastes bringt die Gasabgabe zum Stillstand.

Es konnten jedoch keine histologischen Anzeichen eines Sekretionsprozesses in der „Gasdrüse" gefunden werden; entsprechende Bilder (NUSBAUM und REIS 1906, 1907) erwiesen sich als Artefakte (WOODLAND 1912, JACOBS 1931). Ausgehend von den Befunden und Ideen von JÄGER (1901) und JACOBS (1932 bis 1934) hat KOCH (1934) in sorgfältiger physikalisch-chemischer Durchdenkung des Problems folgende weitgehend befriedigende Anschauung entwickelt: Durch die „Gasdrüse" werden Substanzen sauren Charakters ins Blut entleert, die zunächst CO_2 austreiben. Diese setzt durch Verschiebung der Dissoziationskonstante des Oxyhämoglobins Sauerstoff in Freiheit. Beide Gase erlangen im Blut erheblichen Überdruck und werden durch Diffusion ins Lumen der Schwimmblase abgegeben. Eine wichtige Rolle spielt dabei auch die Differenz des hydrostatischen Druckes zwischen dem Blut der arteriellen und venösen Kapillaren in den Wundernetzen. Auch die Abgabe von N_2 (und ähnlichen Gasen) wird durch die Übersättigung des Blutes mit CO_2 und O_2 erklärbar. KOCH hat rechnerisch gezeigt, daß so selbst die hohen O_2-Werte des Schwimmblasengases der Seefische aus tieferen Zonen erklärt werden können.

Es ist somit nicht notwendig, eine Gassekretion anzunehmen; man spricht besser von einer „Emission" von Gasen, was auch in diesem Aufsatz durchweg geschieht. Daß diese ein recht komplizierter Vorgang ist, an dessen Zustandekommen physiologische und morphologische Eigentümlichkeiten des Fischkörpers maßgeblich beteiligt sind, sei noch betont.

2. *Insekten.*

Gasansammlungen spielen im Körper sehr vieler Insekten eine wesentliche Rolle. In unserem Zusammenhang sind drei entsprechende Fragenkomplexe wichtig:

a) Erstfüllung des offenen Tracheensystems und seine Füllung mit Gas nach Häutungen. Das nach dem Schlüpfen oder nach Häutungen gebildete Tracheensystem ist zunächst mit Flüssigkeit gefüllt, die dann oft schon nach wenigen Minuten, mitunter erst nach einiger Zeit schwindet und durch Gas ersetzt wird. Man hat vielfach angenommen, daß die Flüssigkeit durch irgendwelche Kräfte (z.B. hydrostatischer Druck, Osmose usw.) zum Schwinden gebracht und Luft aus dem Medium angesogen würde (vgl. z.B. WIGGLESWORTH 1930, 1938, 1939, s. auch KEISTER und BUCK 1949). Es ist denkbar, daß die Gasfüllung des Tracheensystems auch tatsächlich bei nicht wenigen Formen so erfolgt; aber die neuen Untersuchungen von KEISTER und BUCK (1949) an den Larven von *Sciara coprophila* haben uns mit einem anderen Mechanismus, dessen Verbreitung freilich noch nicht erforscht ist, bekannt gemacht. Bei diesen Larven erscheint das erste Gas in den Hauptstämmen der Tracheen, jedenfalls nie an den sich nach außen öffnenden Stigmen und breitet sich rasch über das gesamte Tracheensystem aus. Auch wenn die Larven in durchlüftetem oder ausgekochtem Wasser oder in Mineralöl untergetaucht werden, erfolgt die Gasfüllung des Tracheensystems. Ebenso kann sie bei 99,7% CO_2, CO oder N_2 getätigt werden; doch müssen Spuren von O_2 (0,3%) zugegen sein. Bei völligem O_2-Mangel wie bei Temperaturen nahe 0^0 C ist Gasfüllung des Tracheensystems unmöglich. Wenn auch nicht wahrscheinlich ist, daß die bei der *Sciara*-Larve beobachteten Verhältnisse Allgemeingültigkeit für Insekten besitzen, vielmehr bestimmt erhebliche Mannigfaltigkeit vorliegt, so ist doch dieses Beispiel in unserem Zusammenhang wichtig und verdient Beachtung. KEISTER und BUCK vermuten, daß Gassekretion vorliegt; an solche ist bei Insekten auch sonst ab und zu gedacht worden. Es ist jedoch nur sicher, daß letztlich ein Stoffwechselprozeß im Spiel ist; daß eine direkte Sekretion eines Gases statthat, erscheint mir unwahrscheinlich, da keine Beschränkung des Erscheinens der Gasblasen auf bestimmte Stellen drüsigen Charakters vorliegt. Ich bin überzeugt, daß — mutatis mutandis — ähnliche Verhältnisse vorliegen wie bei der Gasabgabe in die Fischschwimmblase, d.h. durch Vermittlung von Stoffwechselprodukten, vielleicht auch Sekretstoffen im Körper Gas in Freiheit gesetzt wird, das

infolge hohen Partialdrucks durch Diffusion ins Tracheensystem gelangt.

Interessant ist, daß in der Umgebung der noch mit Flüssigkeit gefüllten Tracheen leicht anoxische Zustände herrschen dürften, und daß die Gasabscheidung bei schlechter Versorgung des Tierkörpers mit O_2 offenbar besonders leicht getätigt wird. Es ist mir wahrscheinlich, daß anaerobe Stoffwechselprodukte bei der Emission von Gasen eine Rolle spielen.

Um Irrtümern vorzubeugen, sei betont, daß das soeben Gesagte nur für die Erstfüllung bzw. Neufüllung nach Häutung des offenen Tracheensystems gilt. Für sein normales Funktionieren sind sicher einfache Gesetze der Diffusion von der Atmosphäre her maßgeblich.

b) Das Gas im geschlossenen Tracheensystem. Nach dem, was wir soeben über Gasemission im offenen Tracheensystem der Larve von *Sciara* erfuhren, liegt es nahe, an entsprechende Prozesse am geschlossenen Tracheensystem, das besonders im Wasser lebende Insektenlarven besitzen, zu denken. Man kann vermuten, daß in diesem das Gas nicht nur bei Füllung nach dem Schlüpfen oder nach Häutung, sondern auch sonst durch Emission im Tierkörper hervorgebracht ist. Eine wesentliche Stütze für diese Annahme wäre der Befund anderer Gaszusammensetzung im geschlossenen Tracheensystem als in der Atmosphäre. Einige der — nicht gerade zahlreichen — Analysen des Gases im geschlossenen Tracheensystem weisen in diese Richtung: Wagner (1926) glaubt gefunden zu haben, daß im Tracheensystem von *Simulium*-Larven ziemlich reiner O_2 zugegen sei(?); Metzky (1950) fand verschiedentlich im Tracheensystem von Helminenlarven höheren O_2-Partialdruck als im umgebenden Medium. Demgegenüber maß A. Krogh (1911) in sehr sorgfältigen Untersuchungen den O_2-Gehalt der „Schwimmblasen" von *Corethra*, also Derivaten des geschlossenen Tracheensystems, bei verschiedenem hydrostatischem Druck des Mediums stets = etwa 16%. Nur bei einem Druck, der dem, unter dem Fische der Meerestiefe leben, entspricht, erscheint der N_2-Gehalt der *Corethra*-Schwimmblasen etwas verringert. Krogh glaubt daher mindestens die Annahme einer O_2-Abscheidung in die Schwimmblasen der *Corethra*-Larven abstreiten zu müssen. Ähnlich findet Koch (1936), daß der O_2-Gehalt im geschlossenen Tracheensystem der Odonatenlarven stets dem des Mediums in dem von einem der Atmung dienenden System zu erwartenden Weise unterlegen ist, wie dies schon Wallengren (1915) gezeigt hat. Beide Forscher nehmen daher an, daß der Gaswechsel im geschlossenen Tracheensystem rein durch Diffusion vom Medium her durch Körperwand und Leibeshöhlenflüssigkeit hindurch getätigt wird.

Abgesehen von den oben mitgeteilten Daten über abweichende Zusammensetzung des Gases im geschlossenen Tracheensystem möchte ich noch auf einige Beobachtungen hinweisen, die mir gerade an den Schwimmblasen von *Corethra* das Vorkommen von Gasemission im Körper wahrscheinlich machen. Schon v. Frankenberg (1915) fand bei seinen Untersuchungen an verschiedenen Stellen des Larvenkörpers Anzeichen von Gasbildung. Ich fand (Zool. Jb., im Druck), daß *Corethra*-Larven, die unter N_2 (mit O_2-Spuren) belassen worden waren, sich in ihrem Gaswechsel wie Larven, die mit reinem O_2 vorbehandelt waren, verhielten! Dies ist nur durch die Annahme verständlich, daß während Anaerobiose Gas vom Körper her in die Schwimmblasen gebracht worden ist, das auch O_2 enthält.

Alles in allem möchte ich annehmen, daß der Gasgehalt des geschlossenen Tracheensystems weitgehend durch Diffusion mit dem umgebenden Medium reguliert wird, daß aber daneben, besonders bei O_2-Mangel, auch Emission von Gas, das dann ins Tracheensystem gelangt, eine Rolle spielt. Ich möchte darauf hinweisen, daß trotz erheblicher, durch die Eigenart der Organe bedingter Unterschiede physiologisch manche Parallele zwischen dem geschlossenen Tracheensystem und der Schwimmblase der Physoclisten besteht. Zum Beispiel herrscht in der Schwimmblase des Barsches, der, wie wir aus Jacobs' Untersuchungen wissen, erhebliche Fähigkeit zur Gasemission hat, trotzdem eine der Atmosphäre sehr ähnliche Gaszusammensetzung.

c) Gas im Insektenkörper außerhalb des Tracheensystems. Es ist anzunehmen, daß in den soeben behandelten Fällen die Gasemission seitens der Gewebe des Körpers erfolgt, aber das Gas rasch aus der Leibeshöhlenflüssigkeit in die Tracheen übertritt. Im folgenden seien einige Fälle betrachtet, in denen das Tracheensystem weitgehend reduziert oder doch geschlossen und in Reduktion befindlich ist. Bei einigen Chironomidenlarven, besonders *Chironomus*-Verwandten, zeigte sich, daß die Larven, unter N_2 gebracht, bald oder im Laufe mehrerer Stunden Gasblasen abscheiden. Es ist sicher, daß nur ein Überschuß von Gas, der sonst ins Tracheensystem gelangt, ans Medium „verloren" wird, während ein anderer Teil im Organismus Arbeit leistet. Die Zusammensetzung des Gases wurde noch nicht genauer untersucht; doch besteht es offenbar aus einem Gasgemisch, das außer N_2 auch CO_2 und O_2 enthält (vgl. Harnisch 1950 bis 1952). Die Entstehung der Gasblasen ist nicht streng an bestimmte Stellen des Körpers gebunden; sie treten an verschiedenen Stellen des Larvenkörpers aus (Harnisch 1951). Ich glaube daher nicht, daß sie einem Sekretionsprozeß ihre Entstehung verdanken. Es handelt sich sicher um einen Emissionsprozeß. Daß in diesem die (sauren) Stoffwechselprodukte der Anaerobiose eine Rolle spielen, erhellt aus der Tatsache, daß zur Auslösung des Gasauftretens O_2-Mangel wichtig ist. Daß bei mangelhafter O_2-Versorgung im Larvenkörper eine besondere, oft nicht ungefährliche Situation entsteht, erkennt man besonders am Hämoglobin mancher Formen. — Analysen zeigten, daß während der Anaerobiose eine merkbare Verminderung der Körpersubstanz an Sauerstoff (1 bis 2% der Trockensubstanz) stattfindet (Harnisch: Biol. Zbl., im Druck). — Es muß betont werden, daß ich die Larven unter N_2 brachte, der noch Spuren von O_2 (bis 0,3%) enthielt. Es ist möglich, daß bei völligem O_2-Entzug keine Gasemission erfolgt.

Die drei soeben besprochenen Erscheinungen am Insektenkörper haben wahrscheinlich den gleichen physiologischen Prozeß zur Grundlage: Gasemission unter dem Einfluß von Stoffwechselprodukten. Es ist nach dem Dargelegten auch deutlich, daß für die Gasemission gewöhnlich anoxische Zustände wichtig sind. Ob diese immer Vorbedingung für die Gasabscheidung sind, läßt sich noch nicht sagen.

3. Schwimmblase der Siphonophoren.

Der flaschen- bis blasenförmige Gasbehälter sehr vieler Röhrenquallen beansprucht Interesse, zumal Beständigkeit einer solchen Gasansammlung unter Wasser schwerlich allein durch Diffusionsprozesse möglich ist. Ich möchte hier jedoch dieses Beispiel übergehen, da mir neuere Literatur nicht bekannt ist und die ältere ausgezeichnet von WINTERSTEIN (1921) dargestellt worden ist. — Es sei nur gesagt, daß es mir trotz mancher Verdachtsmomente auf einen Sekretionsprozeß wahrscheinlich ist, daß auch hier nach einem Emissionsprozeß zu suchen ist, bei dem das drüsige Epithel des „Lufttrichters" vielleicht eine ähnliche Rolle spielt wie die Gasdrüse in der Fischschwimmblase.

4. Gasblasen bei Protozoen.

Das Auftreten von Gasblasen im Protoplasma von Rhizopoden (besonders schalentragenden Formen) ist schon von älteren Autoren (z. B. ENGELMANN, BÜTSCHLI, KHAINSKY, ENTZ) beschrieben worden. Eine gründliche, ausführliche Studie über diese Erscheinung bringt eine Arbeit von BLES (1929) an *Arcella discoides*. Er findet zunächst, daß namentlich an jungen „Tochterindividuen" in etwa 75% der Fälle Gasblasenbildung rasch ausgelöst wird, wenn man die Tiere im hängenden Tropfen unterm Deckglas oder in einer Kammer umkehrt. Die meist nach 3 bis 6 min auftretenden Gasblasen vergrößern sich, um dann — zumeist nach Wiederherstellung der Normallage — nach 3 bis 6 min zu verschwinden. Bei häufigerer Wiederholung des Umkehrversuchs erlischt die Fähigkeit zur Gasblasenbildung, die oft erst bei der zweiten Umkehrung am lebhaftesten ist. Es ist dann eine Ruhezeit für neue Auslösung des Vorgangs notwendig.

Bei *Arcella* werden gewöhnlich mehrere Vakuolen synchron, bei anderen Formen, so nach ENTZ bei *Difflugia proteiformis*, eine Riesenvakuole gebildet. Die Stellen der Vakuolenbildung scheinen konstant zu sein. Jedenfalls erscheinen sie stets in der Außenzone, nie in der Zentralmasse. Auch die während der Bildung vorgetriebenen Marginalpseudopodien scheinen bei dem Prozeß eine Rolle zu spielen.

BÜTSCHLI hatte angenommen, daß der Inhalt der Gasvakuolen CO_2 wäre, da KOH die Vakuolen zum Schwinden bringt. BLES dagegen konnte zeigen, daß hierfür eine Schädigung des Protoplasmas durch starke Lauge verantwortlich ist. Er konnte durch Versuche mit geeigneten Vitalfarbstoffen (Methylenblau, Malachitgrün u. a.) zeigen, daß in den Vakuolen und im Plasma ihrer Bildungsstätten lebhafte Oxydationsprozesse ablaufen, also O_2 (vielleicht in aktiver Form) zugegen ist. Solange noch nicht exakte Analysen des Gases, die recht schwierig sein dürften, vorliegen, glaube ich nicht, daß der Inhalt der Gasblasen reiner O_2 sein soll. Ich halte es für wahrscheinlicher, daß ein Gasgemisch, in dem freilich O_2 eine wichtige Rolle spielt, vorliegt. Daß es sich nicht um aus dem Medium aufgenommenes Gas handelt, darf als erwiesen gelten; darauf weist außer der Beobachtung der Blasenbildung die Tatsache hin, daß in Zerquetschungsexperimenten die Blasen eine gewisse Selbständigkeit wahren, nicht zum Verschmelzen miteinander oder mit dem umgebenden Medium neigen. Wichtig ist noch der Umstand, daß die Gasbildung durch Erniedrigung der O_2-Spannung schon durch deren geringe Senkung ausgelöst wird. — Ob es sich bei den Protozoen, wie öfters angenommen wird, um einen Sekretionsprozeß oder, wie ich vermuten möchte, um eine Emission handelt, läßt sich noch nicht exakt entscheiden.

Es ist darauf hinzuweisen, daß es noch eine ganze Anzahl von Fällen des Auftretens von Gas im Tierkörper gibt, für deren klare Beurteilung nicht genügend Daten verfüglich sind und die daher hier übergangen seien.

Physiologische Bemerkungen.

Die physiologische Bedeutung der Emission von Gasen im Tierkörper soll hier nicht eingehend behandelt werden, ich begnüge mich mit einigen grundsätzlichen Hinweisen, die mir in unserem Zusammenhang wichtig erscheinen.

Im Vordergrund des Interesses steht meist die hydrostatische Bedeutung von Gasansammlungen. Die meisten der in diesem Aufsatz genannten Beispiele lassen ihre hohe Bedeutung für das Schwebevermögen von Tieren deutlich erkennen. Näher gehe ich nicht hierauf ein, da ein ausgezeichnetes Referat von JACOBS (1935) alles Nötige in klarer Darstellung und Auswertung enthält. Ich möchte nur erwähnen, daß auch bei Tieren, für die biologisch eine hydrostatische Funktion des Gases nicht in Frage kommt, im Experiment, ja auch in der Natur gelegentlich zu sehen ist, daß sie durch das im oder am Körper angereicherte Gas an die Oberfläche gerissen werden.

Ferner wird hinsichtlich des Vorkommens von Gas, besonders Gasansammlungen im Tierkörper, oft die Möglichkeit einer respirationsphysiologischen Bedeutung erörtert (vgl. z. B. WINTERSTEIN 1921). Es ist klar, daß der O_2-Bedarf des Organismus von der Stelle her befriedigt wird, wo das Gas am raschesten und leichtesten erreichbar ist. Daher liegt es nahe, bei im Dienste des Schwebevermögens stehenden Gasblasen an Nebenbedeutung für die Atmung zu denken (z. B. Schwimmblasen von Fischen, *Corethra*-Larven und Siphonophoren). Für die Schwimmblasen von *Corethra* konnte ich (Zool. Jb., im Druck) auch zeigen, daß sie gelegentlich sehr wesentlich am Gaswechsel beteiligt sind. Echte Atmungsorgane, also Stätten einer laufenden Befriedigung des O_2-Bedarfs des Organismus können solche Gasansammlungen aber nur dann sein, wenn in ihnen ständig eine genügend große Menge von O_2 mit ausreichend hohem Partialdruck geboten wird. Diese Bedingung kann nur erfüllt werden, wenn das Gas, insbesondere der O_2, laufend durch den Organismus nachgeliefert wird. Dies besagt, daß ein Verhalten des Tieres gefordert wird, wie es (vgl. Einleitung) von BOHR für die Säugetierlunge angenommen wurde. Wie oben dargelegt, ist aber der BOHRschen Sekretionstheorie jede Grundlage entzogen worden, so daß sie keinesfalls als Fundament für eine allgemein physiologische Anschauung dienen kann. Die über niedere Tiere verfügbaren Daten ergeben meines Erachtens keinen sicheren Anhaltspunkt dafür, daß Gasansammlungen im Tierkörper die Funktion eines „echten Atmungsorganes" haben. (Eine Ausnahme ist natürlich das Tracheensystem, dessen Gas weitgehend durch Diffusion mit dem Medium gewonnen ist.)

Dennoch bin ich davon überzeugt, daß das Auftreten von Gas im Tierkörper oft wesentliche respirationsphysiologische Bedeutung hat. Eine solche ist

zunächst in der Neufüllung des Tracheensystems nach Schlüpfen oder Häutung zu sehen (z.B. bei *Sciara*-Larven).

Von besonderer Wichtigkeit ist in diesem Zusammenhang die Bereitstellung eines O_2-haltigen Gases im Körper von Insekten- (Chironomiden-) Larven bei weitgehender Anaerobiose. Dieses dient sicher nicht der Fortführung der oxybiotischen Energiegewinnung unter anaeroben Bedingungen, sondern dem aeroben Ausgleich der getätigten Prozesse anaerober Energiegewinnung (Spaltungsprozesse). Ich habe in verschiedenen Arbeiten (HARNISCH 1950 bis 1952) zu zeigen versucht, daß dieser Prozeß biologisch von erheblicher Bedeutung ist, indem er bereits unter anaeroben Bedingungen Arbeit der Erholungsatmung leistet und diese einspart. Allerdings ist zu bedenken, daß viel dafür spricht, daß dieser Prozeß nur getätigt werden kann, wenn noch wenigstens Spuren von O_2 gegenwärtig sind.

Zusammenfassung.

Wenn wir die besprochenen, bereits einigermaßen analysierten Fälle des Auftretens von Gas im Tierkörper betrachten, so ergibt sich, daß ihnen trotz aller bestehenden Verschiedenheiten die gleiche allgemeinphysiologische Gesetzmäßigkeit zugrunde liegt. Das Gas wird nicht durch einen Sekretionsprozeß erzeugt, sondern im Gefolge von Fall zu Fall wechselnder Stoffwechselprozesse oder Ketten solcher in Freiheit gesetzt, dann angereichert und an den Ort des jeweiligen Bedarfs gebracht, wobei Diffusion eine Rolle spielt. Erhebliche Mannigfaltigkeit besteht hinsichtlich der Quellen des in Freiheit gesetzten O_2, hinsichtlich der Vorgänge, die zu seiner Austreibung und Anreicherung führen und schließlich hinsichtlich der Art und Weise, wie das Gas für seinen biologischen Zweck lokalisiert und gespeichert wird.

Literatur.

BARCROFT, J.: The respiratory function of the blood. Cambridge 1914. — BARCROFT, J. and A.: J. Physiology **53**, 450 (1919/20). BLES, EDW. J.: Quart. J. Microsc. Sci., N. S. **72**, 527 (1929). — BOHR, CHR.: In NAGELS Handbuch der Physiologie des Menschen, Bd. I. Jena 1908. — FRANKENBERG, G. v.: Zool. Jb., Abt. allg. Zool. u. Physiol. **35** (1915). — HALDANE, J. S.: Respiration. New Haven, Jale Univ. Press 1922. — HARNISCH, O.: Z. vergl. Physiol. **32**, 482 (1950); **33**, 404 (1951). — Biol. Zbl. **69**, 449 (1950); **70**, 531 (1951). — Naturwiss. **39**, 263 (1952). — JACOBS, W.: Z. vergl. Physiol. **11**, 565 (1930); **18**, 125 (1932); **20**, 674 (1934). — Erg. Biol. **11**, 131 (1935). — JÄGER, A.: Pflügers Arch. **94**, 65 (1904). — Biol. Zbl. **24**, 129 (1905). — Anat. Anz. **29**, 683 (1907). — KEISTER, M. L., and JOHN B. BUCK: Biol. Bull. **97**, 323 (1949). — KOCH, H.: Quest. sci. **1934**, 385. — Mém. Acad. roy. Belg. **16**, 3 (1936). — KROGH, A.: Skand. Arch. Physiol. **25**, 183 (1911). — KROGH, M.: J. Physiology **49**, 271 (1915). — METZKY: Österr. zool. Z. **11** (1950). — NUSBAUM, J. (zumeist mit K. REISS): Anz. Akad. Wiss. Krakau, math.-naturwiss. Kl. **1905/06**, 778. — Anat. Anz. **27**, 129 (1905); **28**, 177 (1906); **30**, 204 (1907). — QUATERFAGES: Ann. Sci. natur. Zool. (4) **2** (1851). — WAGNER, W.: Zool. Jb., Abt. allg. Zool. u. Physiol. **42** (1926). — WALLENGREN, H.: Lunds Univ. Arsskr., N. F. Afd. 2 **1915**, Nr. 11/12. — WIGGLESWORTH, V. B.: Proc. Roy. Soc. [London], Ser. B **106**, 229 (1930). — J. of Exper. Biol. **15**, 248 (1938). — The preinciples of insect physiology. Dutton 1939. — WINTERSTEIN, H.: Handbuch der vergleichenden Physiologie, Bd. 1, 2. Hälfte. Jena 1921. — WOODLAND, W. N. F.: Anat. Anz. **40**, 225 (1912).

Aus der Hydrobiologischen Anstalt der Max Planck-Gesellschaft zu Plön.

Eingegangen am 19. September 1952.

Kurze Originalmitteilungen.

Für die Kurzen Originalmitteilungen sind ausschließlich die Verfasser verantwortlich.

Überschallgeschwindigkeiten im Hochvakuum.

Auf Grund thermodynamischer Überlegungen wird angenommen, daß die in Diffusionspumpen beim Ausströmen des Treibdampfes aus der Düse erreichten Strömungsgeschwindigkeiten über der Schallgeschwindigkeit liegen.

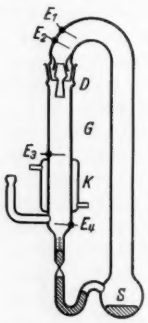
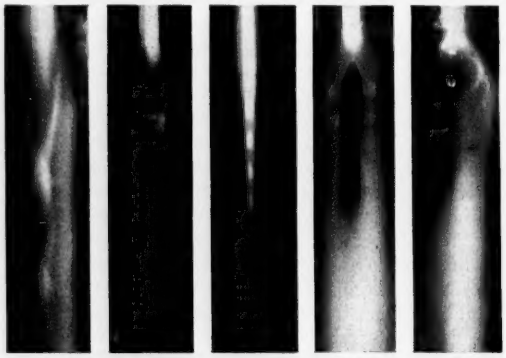


Fig. 1. Gerät zur Sichtbarmachung von Überschallströmung.

Es erschien daher von Bedeutung, die Existenz solcher Überschallströmungen in Hochvakuumpumpen experimentell zu zeigen und durch ihre Sichtbarmachung die Messung und Untersuchung zu ermöglichen. Hierzu wurde die in Fig. 1 angegebene einfache Apparatur verwendet.

Von einem Verdampfungsgefäß S wird Quecksilberdampf durch ein heizbares Dampfrohr zu der zu untersuchenden, auswechselbar angeordneten Düse D geleitet. Aus der Düse tritt der Dampf in einen evakuierten, mit durchsichtigen Wänden versehenen Beobachtungsraum G ein, an dessen Ende er mittels des Kühlers K kondensiert und dem Verdampfungsgefäß wieder zugeleitet wird. Temperatur und Druck des zur Düse strömenden Quecksilberdampfes werden laufend gemessen. Im Dampfrohr und im Beobachtungsraum sind die Elektroden $E_1 - E_4$ angebracht, zwischen denen durch Anlegen von Hochspannung eine leuchtende Entladung erzeugt wird. Eine eingehende Untersuchung dieser Leuchterscheinungen zeigt, daß bei geeigneter Wahl der Entladungsdaten die Intensität des Leuchtens in hohem Maße druckabhängig ist. Unter diesen speziellen Bedingungen läßt sich die Druckverteilung im Strömungsfeld des bewegten Dampfes innerhalb und hinter der Düse, d.h. das Auftreten von Über- und Unterdruckgebieten, Wellenfronten usw. überraschend gut sichtbar machen. Es treten bis in die Details ausgezeichnet scharfe Strömungsbilder auf, die mit den bei höheren Drucken durch Schlierenaufnahmen gewonnenen charakteristischen Strömungsbildern weitgehend übereinstimmen (s. Fig. 2—4),



2 3 4 5 6

Fig. 2. Öffnungswinkel der Düse 8° bei 10^{-3} Torr. Fig. 3. Öffnungswinkel der Düse 2,5° bei 10^{-3} Torr. Fig. 4. Öffnungswinkel der Düse 2,5° bei 10^{-1} Torr. Fig. 5 u. 6. MACH-Winkel an Profilen.

wobei wegen der geringeren Intensität die ausgezeichnete Schärfe der Erscheinungen bei der photographischen Aufnahme nur unzulänglich wiedergegeben wird. Der Gasdruck im Beobachtungsraum lag bei diesen Versuchen im Bereich von 10^{-1} bis 10^{-4} Torr, der Quecksilberdampfdruck im Verdampfungsgefäß zwischen 10 und 100 Torr. Wird in das Strömungsfeld in oder hinter der Düse ein Hindernis eingebracht, so tritt an dessen Spitze die für Überschallströmungen charakteristische Kopfwelle unter dem MACHschen

Winkel auf (Fig. 5). Außerdem beobachtet man am Rande des Freistrahls ringförmige Überdruckzonen (Fig. 6). Durch Benutzung einer im Strahl beliebig verstellbaren Drahtsonde ist es so möglich, im ganzen Beobachtungsraum, auch innerhalb der Düse, mit Hilfe des MACHschen Winkels die Strömungsgeschwindigkeit zu messen. Bei Quecksilberdampfdrucken bis 50 Torr im Siedegefäß wurden bei Verwendung von LAVAL-Düsen verschiedener Konstruktion MACH-Zahlen bis 2,5 gemessen.

Das angegebene Verfahren gibt daher die Möglichkeit zur Sichtbarmachung und damit zur quantitativen Untersuchung von Strömungsvorgängen sowie zur Prüfung von Düsen im Hochvakuum. Es schafft darüber hinaus für die Strömungsforschung und zur Demonstration von Überschallvorgängen einen einfachen Überschallströmungskanal, dessen Vorteil in der direkten Beobachtbarkeit aller Vorgänge unter konstanten Bedingungen über beliebig lange Beobachtungszeiten liegt.

Physikalisches Institut der Universität Mainz.

H. KLUMB, E. ROBENS und O. SCHOLZ.

Eingegangen am 9. Februar 1953.

Ein Gleichspannungsverstärker mit einer Spannungsempfindlichkeit von $1 \cdot 10^{-9}$ V bei geringem Innenwiderstand.

Durch die Verwendung eines allseitig abschirmbaren Kristallkontaktrelais[1]) als Schaltelement zur Umwandlung von Gleich- in leicht verstärkbare Wechselspannungen haben der Verfasser[2]) und HAAS[3]) eine Meßempfindlichkeit erreicht, die praktisch den durch das NIQUIST-Rauschen des Innenwiderstandes der Spannungsquelle hervorgerufenen Spannungsschwankungen entspricht. In der angezogenen Arbeit wurde

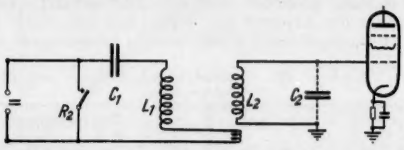


Fig. 1. Eingangsschaltung für Gleichspannungsverstärker mit Kristallrelaiskontakt und Teslatransformator.

auch ausgeführt, daß mit einer Eingangsschaltung gemäß obenstehender Figur 1 für die Messung von Spannungsquellen mit beliebigen Innenwiderständen eine Anpassung an den Eingang einer Verstärkerröhre möglich ist, durch die eine gleiche, extrem hohe Meßempfindlichkeit praktisch auch noch bei Quellenwiderständen von einigen 100 Ω erreichbar ist. Bei extrem kleinen Innenwiderständen der zu messenden Spannungsquellen, wie sie z.B. bei Thermoelementen vorliegen, deren Innenwiderstand mitunter nur wenige Ω beträgt, ist jedoch eine gute Anpassung an den Eingangswiderstand der ersten Röhre des Verstärkers wegen der erforderlichen hohen Übersetzung nicht ohne weiteres möglich. Das gelingt jedoch, wie aus inzwischen angestellten Untersuchungen hervorgeht, wenn die Eingangsschaltung so ausgeführt wird, daß (s. Fig. 1) C_1, L_1 den Primär- und C_2, L_2 den Sekundärkreis eines Teslatransformators bilden, der durch das Relais R_2 periodisch erregt wird. Durch geeignete Dimensionierungen gelang es unter diesen Bedingungen, ein Übersetzungsverhältnis von 1:2000 zu erzielen. Es war auf diese Weise möglich, bei einem Innenwiderstand eines Thermoelements von 10 Ω eine Spannungsempfindlichkeit von $1 \cdot 10^{-9}$ V bei einer Schreibgeschwindigkeit von etwa 10 Hz zu erreichen. Inwieweit durch eine weitere Herabsetzung der Schreibgeschwindigkeit und, oder des Innenwiderstandes der Spannungsquellen eine weitere Erhöhung der Spannungsempfindlichkeit eines solchen Verstärkers gelingen wird, hängt wesentlich davon ab, inwieweit es möglich ist, die OHMschen Verluste im Primärkreis genügend klein zu halten. Nach den bisherigen Ergebnissen besteht Aussicht, in der Grenze an eine Meßempfindlichkeit von $1 \cdot 10^{-10}$ V heranzukommen. Eine ausführliche Arbeit erscheint in der Zeitschrift für angewandte Physik.

Institut für angewandte Physik der Universität Kiel.

W. KROEBEL.

Eingegangen am 27. Januar 1953.

[1]) KROEBEL, W.: Vortr. Physik.-Tagg. 1950 Bad Nauheim. Physik. Verh. **1950**, 99.
[2]) KROEBEL, W.: Z. Physik **133**, 30 (1952).
[3]) HAAS, G.: Z. angew. Phys. in einem der nächsten Hefte.

β-Zerfall und Bindungsenergie der Elektronenhülle: Das primäre β-Spektrum des RaD[1]).

Beim β^--Zerfall steigt die Bindungsenergie der Elektronenhülle um $\Delta E_H = E(Z+1) - E(Z)$. Die Frage, wie ΔE_H abgegeben wird, ist theoretisch mehrfach erörtert worden, wobei drei Möglichkeiten erwogen wurden:

I. Abstrahlung von ΔE_H durch die Hülle nach dem β-Zerfall. — Sie ist unwahrscheinlich. Einmal wurde sie nie beobachtet (für $Z = 80$ bis 90 ist $\Delta E_H \approx 15$ bis 20 keV), und weiter muß bei β^+-Strahlern der Hülle die Energie ΔE_H aus dem Zerfallsprozeß zugeführt werden; analog sollte sie auch *im β^--Prozeß selbst* verausgabt werden. (Weitere Argumente s. unten.)

II. Übertragung von ΔE_H auf das β-Teilchen allein[2]): Das β-Spektrum müßte ohne Änderung der Gestalt um ΔE_H nach höheren Energien verschoben sein. Das erscheint mangels Wechselwirkung Neutrino-Hülle zunächst plausibel.

III. Aufteilung von ΔE_H auf β-Teilchen und Neutrino[3]): Das Spektrum beginnt bei der Energie Null. Die obere Grenzenergie E_0 ist um ΔE_H größer, als aus der Massendifferenz der *Kerne* folgt. Eine Wechselwirkung Neutrino-Hülle ist nicht erforderlich, nur eine Kopplung Kern-Hülle.

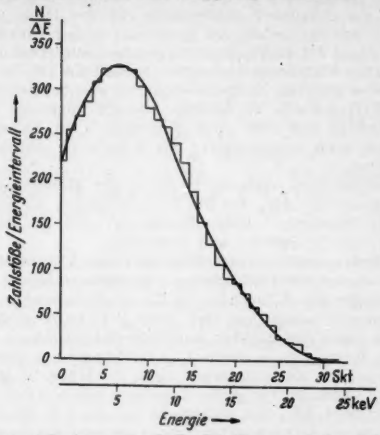


Fig. 1. Das β-Spektrum des RaD. Die Kurve zwischen 8,5 keV und der oberen Grenze wurde aus dem FERMI-Plot für ein *erlaubtes* Spektrum mit $E_0 = 24{,}2$ keV berechnet, im übrigen durch die Meßwerte gelegt. Nulleffekt und vom RaE verursachter Untergrund sind abgezogen (9 bzw. 15 Teilchen/Skt.).

Bisher vorliegende Messungen [s. SCHWARTZ[3])] erlaubten noch keine sicheren Schlüsse. Eine Entscheidung sollte bei solchen β-Strahlern mit hohem Z, bei denen ΔE_H und E_0 von gleicher Größenordnung sind, möglich sein. Im Fall II bestünde das Spektrum dann nur aus einer Art Linie zwischen ΔE_H und E_0. — Es wurde zunächst RaD gewählt, da man es gasförmig [als $Pb(CH_3)_4$] im Proportionalzählrohr (PZR) untersuchen kann ohne Fälschung der Messung durch Rückstreuung aus der Unterlage und Absorption im Präparat. Das PZR bietet hier einen weiteren Vorteil: Dem β-Zerfall des RaD scheint ausnahmslos ein γ-Übergang des RaE zu folgen, der zu etwa 96% konvertiert ist. Bei Messungen mit üblichen β-Spektrometern würde daher das RaD-β-Spektrum von Konversions- und AUGER-Linien überlagert sein. Das PZR aber mißt die gesamte, bei einem Zerfall frei werdende Energie, hier also die Überlagerung von 46,5 keV-Linie und Primärspektrum. Nur wenn bei einem Zerfall ein Röntgenquant nicht im Zählgas absorbiert wird, wird eine zu niedrige Energie angezeigt. Dies ist nur für die Bi-L-Strahlung merklich und kann berücksichtigt werden.

Gemessen wurde nach der Methode von CURRAN und Mitarbeitern[4]). — Energieeichung erfolgte durch Einstrahlung der Ag-K_α-Linie und der γ-Linie des RaD während eines Teiles der Meßzeit.

Fig. 1 zeigt das Meßergebnis oberhalb 46,5 keV, d.h. das β-Spektrum des RaD. Man sieht, daß nur Fall III zutreffen kann. Im Fall II, aber auch im Fall I dürfte das Spektrum erst bei etwa 16 keV[5]) einsetzen: Das PZR würde zwischen einem β-Teilchen der Energie $(E+16)$ keV und einem der Energie E, begleitet von Hüllenstrahlung von 16 keV, nicht unterscheiden.

Es folgt also: *Die beim β-Zerfall aus der Elektronenhülle frei werdende Energie wird zusammen mit der Energiedifferenz der Kerne im β-Prozeß emittiert und auf Elektron und Neutrino aufgeteilt.* Die obere Grenzenergie des β-Spektrums (einschließlich der Ruheenergie mc^2 des β-Teilchens) ist äquivalent der Massendifferenz der *Atome*, wobei die Masse des Atoms unter Berücksichtigung des „Massendefektes der Hülle" zu schreiben ist:

$$M_A = M_K + Z \cdot m - E(Z)/c^2 \qquad (M_K = \text{Kernmasse}).$$

Die Messung ergibt $E_0 = 24{,}2 \pm 2{,}5$ keV.

Die von CURRAN und Mitarbeitern[6]) und von JAFFE und COHEN[7]) erhaltenen E_0-Werte (18 ± 2 bzw. $16{,}7 \pm 1$ keV) scheinen damit nicht vereinbar. Selbst wenn bei den bisherigen Messungen alle Fehler im gleichen Sinne gewirkt haben sollten, wäre die größte nach unten mögliche Fehlergrenze 3,5 keV. — Die Lage des Maximums kann kaum genauer angegeben werden als die von E_0. Die Untersuchung wird fortgesetzt.

Bemerkenswert ist das nach der FERMI-Theorie beim RaD nicht zu erwartende *Maximum*. [Mit $\log(ft) = 5{,}9$ sollte das Spektrum einfach verboten sein. Es fragt sich jedoch, welchen Sinn die Angabe des ft-Wertes hier hat, wo die kinetische Energie der β-Teilchen größtenteils von der Hülle geliefert wird.] Allerdings bedarf das Spektrum einiger Korrekturen, a) weil das PZR eine monoenergetische Linie etwa in Form einer GAUSS-Verteilung wiedergibt, b) weil ein Teil der Röntgenquanten aus dem PZR entweicht, c) weil bei Zerfall nahe der PZR-Wand eine zu niedrige Energie angezeigt werden kann. Bringt man aber diese Korrekturen an, so wird das Maximum noch ausgeprägter; wir müssen es demnach für reell halten.

Theoretisch zu erklären bleibt a) der Mechanismus der Übertragung von ΔE_H auf die Zerfallsteilchen, b) das nicht erwartete Maximum. Diese Erklärung wird im folgenden skizziert [vgl. [3]), SERBER und SNYDER].

Der Betrag des COULOMB-Potentials am „Kernrand" sinkt bei Hinzutreten der Hülle um φ_H. Dadurch steigt die potentielle Energie des β-Teilchens (β-T.) am Kernrand um $\varphi_H \cdot e$ (e = Elementarladung), so daß jedes β-T. im Vergleich zur Emission durch den nackten Kern rein elektrostatisch die zusätzliche Energie $\varphi_H \cdot e$ gewinnt. Unabhängig von jeder Annahme über die Ladungsverteilung in der Hülle ist $\varphi_H \cdot e = dE(Z)/dZ$. Dies ist für große Z nahezu gleich $\Delta E(Z)/\Delta Z = \Delta E_H$. So wird ΔE_H fast vollständig auf das β-T. übertragen. Das gibt jedoch dem β-Spektrum nicht notwendig eine von Null verschiedene untere Grenze: β-Emission kann nach der FERMI-Theorie eintreten, wenn die kinetische Energie des β-T. am Kernrand der potentiellen dem Betrage nach mindestens gleich ist. Senkt die Hülle die Potentialschwelle um φ_H, so können jetzt auch β-T. emittiert werden, deren kinetische Energie am Kernrand geringer ist als im Falle des nackten Kernes. Für ein β-T. z.B., das außerhalb des Atoms die Energie Null hat, heißt das: Der Kern hat ihm um $\varphi_H \cdot e \approx \Delta E_H$ weniger Energie mitgegeben als im COULOMB-Fall; die eingesparte Energie erhält das Neutrino. — Die unter III geforderte Kopplung zwischen Kern und Hülle ist demnach rein elektrostatischer Natur.

Weiter steigt die Zerfallswahrscheinlichkeit mit steigendem Z, d.h. mit steigendem Potentialbetrag am „Kernrand", stark an. Abschirmung durch die Hülle setzt sie folglich herab. Bisher ist dieser Einfluß von φ_H für $Z = 80$ nur bis zu β-Energien von 25 keV herab berechnet worden[5]), wo die Senkung nur wenige Prozent beträgt. Das beobachtete Maximum wäre erklärt, falls der Einfluß von φ_H unterhalb 25 keV stark ansteigen sollte.

Unsere Betrachtung zeigt weiter, warum Fall I ausgeschlossen werden muß. Die β-T. durchqueren die Hülle so schnell, daß die Ladungsverteilung *während* des Durchganges das (nahezu) starr anzusehen ist. Durchrechnung zeigt, daß die dabei allein durch die Erhöhung der Kernladung bewirkte Abnahme der potentiellen Energie der Hülle genau gleich $\varphi_H \cdot e$ ist. Geht *anschließend* die Hülle in ihre neuen stabilen Bahnen über, so wird praktisch nur potentielle Energie in kinetische Bahnenergie umgewandelt. Als Anregungsenergie steht nur $\Delta E_H - \varphi_H \cdot e$ (Größenordnung 100 eV) zur Verfügung.

Nach diesem Bild sollten auch β-Strahler mit $E_0 < \Delta E_H$ möglich sein, deren Kerne ohne Hülle stabil wären. Vielleicht liegt dieser Fall beim ^{241}Pu vor, wo E_0 und ΔE_H nahezu gleich zu sein scheinen. Gemessen wurde $E_0 = 20{,}5$ keV[9]), während sich nach dem FERMI-THOMAS-Modell $\Delta E_H = 20{,}85$ keV, nach dem HARTREE-Modell $\Delta E_H = 19{,}0$ keV ergibt.

Ich danke Herrn Prof. WALCHER für sein stetes förderndes Interesse, Herrn Prof. FLÜGGE für klärende Diskussionen und Herrn cand. phys. WOLFHARD BECKMANN für seine Hilfe bei der Durchführung der Experimente.

Marburg a.d.Lahn, Physikalisches Institut der Universität. E. HUSTER.

Eingegangen am 10. Februar 1953.

[1]) Vorgetragen auf dem Dtsch. Physikertag Berlin Sept. 1952. Physik. Verh. 3, 187 (1952).

[2]) GOLDSTEIN, L.: J. Physique Radium 8, 235, 316 (1937). — HEBB, M. H.: Physica 5, 701 (1938).

[3]) SCHWARTZ, H. M.: Physical Rev. 86, 195 (1952). — SERBER, R., u. H. S. SNYDER: Physical Rev. 87, 152 (1952).

[4]) CURRAN, S. C., J. ANGUS u. A. L. COCKROFT: Philos. Mag. 11, 36 (1949).

[5]) Vgl. z.B. FOLDY, L. L.: Physical Rev. 83, 397 (1951).

[6]) BANNERMAN, R. C., u. S. C. CURRAN: Physical Rev. 85, 134 (1952). — INSCH, G. M., J. G. BALFOUR u. S. C. CURRAN: Physical Rev. 85, 805 (1952).

[7]) JAFFE, A. A., u. S. G. COHEN: Physical Rev. 86, 1041 (1952).

[8]) FLÜGGE, CH., u. S. FLÜGGE: Z. Naturforsch. 2a, 6 (1947). — REITZ, J. R.: Physical. Rev. 77, 10 (1950).

[9]) WAGNER jr., F., M. S. FREEDMAN u. D. ENGELKEMEIR: AECD-3304, ANL-HDY 697; 1952. [Nucl. Sci. Abstr. 6, 1906 (1952).]

Wanderweg eines atomtechnischen Aerosols.

Bemerkung zu der Mitteilung von W. HERBST und K. PHILIPP[1]).

Während der Zeit des Anstieges des Nulleffektes im GEIGER-MÜLLER-Zählrohr im Wittental bei Freiburg (370 m über N.N.) wurden in etwa 9 km Abstand auf dem Schauinsland bei Freiburg (1200 m über N.N.) Dauerregistrierungen der Ultrastrahlung mit einer vollständig ungepanzerten Zählrohranlage in einer hölzernen Meßhütte durchgeführt. Die Tabelle 1 zeigt das Ergebnis der in der Zeit vom 9. 10. 51 bis 31. 10. 51 durchgeführten Kontrollen der *Einzelimpulse* zweier

Tabelle 1. *Kontrolle der Einzelimpulszahlen zweier ungepanzerter Zählrohrgruppen.*

Datum 1951	Zeit W.Z. h	Impulse/min Gr. b_r	Impulse/min Gr. r_0	Datum 1951	Zeit W.Z. h	Impulse/min Gr. b_r	Impulse/min Gr. r_0
9. 10.	08.45	8488	7704	22. 10.	16.20	9176	8272[1])
11. 10.	09.50	8528	7880	23. 10.	08.42	8200	7624[2])
13. 10.	14.20	8448	7832	24. 10.	14.05	8328	7632
15. 10.	21.35	8680	7880	25. 10.	15.30	8384	7760
16. 10.	09.15	8656	7696	27. 10.	08.15	8560	7752
17. 10.	07.45	8456	7760	29. 10.	11.02	8376	7688
19. 10.	09.48	8764	7776	30. 10.	10.30	8544	7808
20. 10.	06.50	8800	7808	31. 10.	08.22	8488	7819

[1]) Schneefall zur Zeit der Messung.
[2]) Schneedecke 10 cm, nasser Schnee, langsam tauend.

Zählrohrgruppen von je 3600 cm² Zählfläche. Im Gegensatz zu den Messungen im Wittental wird keine 10% übersteigende Erhöhung der Impulszahlen beobachtet. Eine über Tage anhaltende Erhöhung des Nulleffektes um den Faktor 2 bis 3 hätte auch bei den nur lückenhaften Messungen unbedingt bemerkt werden müssen. Die beobachtete Schwankung von etwa 10% läßt sich einwandfrei auf Veränderung der natürlichen radioaktiven Umgebungsstrahlung durch die im Beobachtungszeitraum gefallenen Niederschläge erklären. Das Fehlen jeder starken Zunahme des Nulleffektes zwingt zu der Annahme, daß es sich im Wittental um eine ganz lokale Erscheinung handelt, und läßt wohl keinen Schluß auf die Auswirkung eines atomtechnischen Aerosols zu.

Physikalisches Institut der Universität Freiburg. A. SITTKUS.

Eingegangen am 4. März 1953.

Zusatz zu der vorstehenden Bemerkung von Herrn SITTKUS.

Unserer Notiz ist nachzutragen, daß die Messungen an einem dünnwandigen β-Zählrohr erfolgt sind. Wir wollten in erster Linie auf die Möglichkeit hinweisen, daß auch in Deutschland Spuren von Atombombenexplosionen auftreten können und zu einer entsprechenden Kontrolle der Atmosphäre anregen. Die radioaktiven Spaltprodukte sind β-Strahler, die allerdings beim Zerfall zum großen Teil auch γ-Strahlen aussenden. Es wird sich in Unterschied zu der Registrierung der Ultrastrahlung empfehlen, die stärker ionisierenden β-Strahlen zur Beobachtung zu benutzen. Eine Dauerregistrierung soll im Radiologischen Institut durchgeführt werden.

Freiburg. W. HERBST und K. PHILIPP.

Eingegangen am 13. März 1953.

[1]) HERBST, W., u. K. PHILIPP: Naturwiss. 40, 54 (1953).

Zum Mechanismus der Verfärbung von Alkalihalogenidschichten durch Kathodenstrahlen.

Alkalihalogenide werden durch Elektronenstrahlen verfärbt, eine Erscheinung, die technisch bei der Herstellung von „Blauschriftröhren" nutzbar gemacht wird[1]). Diese finden vornehmlich als Projektionsröhren für Radarzwecke Verwendung. Im folgenden wird das Ergebnis einer theoretischen Überlegung über die Abhängigkeit des in dem aufgedampften KCl-Bildschirm entstehenden Farbkontrastes von der Zahl der einfallenden Strahlelektronen berichtet.

Der Kontrast der Färbung ist definiert durch den Quotienten, welcher gebildet wird aus der durch die Verfärbung bedingten Abnahme der von dem KCl-Bildschirm reflektierten Lichtintensität, dividiert durch die Intensität des von der ungefärbten Schicht reflektierten Lichtes. Gemessen wird der Kontrast mit monochromatischem Licht von der Wellenlänge des Absorptionsmaximums der Farbbande. Da das Meßlicht die in der Schicht entstehenden Farbzentren löscht, wird mit Hilfe einer dynamischen Meßanordnung der Maximalwert des Kontrastes bestimmt, welcher durch einen Elektronenstrahlimpuls von bekannter Dauer und Intensität entsteht.

Die Zahl der gebildeten Farbzentren kann nach R.W. Pohl[2]) und seiner Schule der optisch meßbaren Absorptionskonstanten der verfärbten Schicht proportional gesetzt werden. Infolge der Messung des Kontrastes mit dem Licht von der Wellenlänge des Bandenmaximums bei konstanter Temperatur

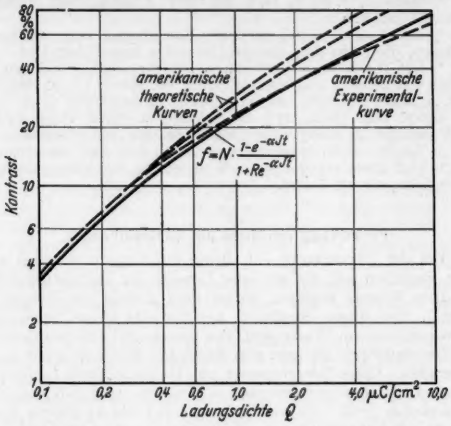


Fig. 1. Vergleich der amerikanischen Experimentalkurve mit der berechneten Kurve (theoretische Kurve).

können wir den Zusammenhang zwischen der Zahl der gebildeten Farbzentren f und dem gemessenen Kontrast K folgendermaßen ausdrücken:

$$f = -\,\text{const} \cdot \ln(1 - K). \tag{1}$$

Für die weiteren Betrachtungen wird die Vorstellung[3]) zugrunde gelegt, daß die Bildung eines Farbzentrums im Energiebandmodell des Alkalihalogenidkristalls gleichbedeutend ist mit dem Einfangen eines Elektrons in einer Elektronenfalle („Trap"). Als solche werden im Energiebandmodell die unterhalb des Leitfähigkeitsbandes liegenden diskreten, unbesetzten Terme verstanden, welche einem neben einer Halogenfehlstelle sitzenden Alkaliion zugeordnet werden können. Elektronen können in diese Elektronenfallen nur über eine Anregung ins Leitfähigkeitsband gelangen und aus ihnen auch nur über das Leitfähigkeitsband befreit werden.

Unsere Vorstellung über den Mechanismus der Farbzentrenbildung durch den auftreffenden Elektronenstrahl besagt nun, daß die einfallenden Strahlelektronen *nicht nur* eine Anregung der Kristallelektronen aus dem besetzten Band in das Leitfähigkeitsband und damit mittelbar die Bildung von Farbzentren bewirken, *sondern*, daß die Strahlelektronen *auch* die als Farbzentren bereits in den Elektronenfallen gefangenen Elektronen in das Leitfähigkeitsband heben und damit mittelbar eine Löschung herbeiführen.

Die mathematische Formulierung dieser Vorstellung und die Durchführung der Rechnung*) führt schließlich zu der Formel, welche die Abhängigkeit der Zahl der gebildeten Farbzentren von der Ladungsmenge des Primärelektronenstrahls $I \cdot t$ darstellt:

$$f = N\,\frac{1 - e^{-\alpha I t}}{1 + R\,e^{-\alpha I t}}, \tag{2}$$

wobei N die Zahl der Elektronenfallen darstellt und α sowie R Konstante sind, welche Beziehungen der Proportionalitätsfaktoren wiedergeben. Diese Faktoren charakterisieren ihrerseits die „Wirkungsgrade", mit dem die einfallenden Strahlelektronen die Kristallelektronen aus dem besetzten Band bzw. aus den Elektronenfallen in das Leitfähigkeitsband anregen.

Durch Einsetzen der Gl. (1) in (2) erhält man eine Beziehung, mit deren Hilfe man den Verlauf der von den Amerikanern[4]) an zehn guten Blauschriftröhren gemessenen Kontrastkurve wiedergeben kann. In Fig. 1 ist die amerikanische Experimentalkurve mit der theoretischen Kurve verglichen. Während die ebenfalls eingezeichneten, auf Grund anderer theoretischen Vorstellungen von den amerikanischen Autoren abgeleiteten Kurven die Experimentalkurve nur in einem Bereich bis zu 0,4 μC/cm² wiedergeben, zeigt unsere Kurve über den ganzen Bereich bis zu 10 μC/cm² eine annehmbare Übereinstimmung.

Standard Laboratorium der C. Lorenz AG., Werk Eßlingen.

K. H. Jürgen Rottgardt.

Eingegangen am 17. Januar 1953.

*) Der Verfasser ist Herrn Dr. G. B. Hagen zu Dank verpflichtet für seine Hilfe bei der Aufstellung des mathematischen Ansatzes, der Durchführung der Rechnung sowie für wertvolle Diskussionen.

[1]) Rosenthal, A. H.: Electronics and Television Ultra Short Wave World, Februar 1940, S. 52. Proc. I.R.E. **28**, 203 (1940). — Kurzke, H., u. J. Rottgardt: Ann. d. Physik **41**, 584 (1942). — King, P. G. R., u. Mitarb. sowie G. C. Watson u. Mitarb.: Mehrere Aufsätze in Electr. Engng. [London] **3a**, Nr. 1 (1946) u. **3a**, Nr. 5, 822 (1946). — Soller, Th., M. A. Starr u. G. E. Valley jr.: Cathode Ray Tubes Displays. New York u. London 1948. — Violett, G.: Funk u. Ton **1950**, 530.

[2]) Pohl, R. W.: Physik Z. **39**, 40 (1938).

[3]) Leverenz, H. W.: RCA-Rev. **7**, 199 (1946), besonders S. 221.

[4]) Soller, Th., M. A. Starr u. G. A. Valley jr.: a. a. O., Fig. 18, 50, S. 670.

Positiver Temperaturkoeffizient der Oberflächenspannung bei schmelzflüssigen metallischen Mischphasen.

Es wurde die Oberflächenspannung der metallischen Zweistoffsysteme Ag—Pb und Ag—Bi untersucht. Diese Systeme wiesen stark negative Mischungswärmen sowie Wendepunkte in den Liquiduskurven auf, was auf Neigung zur Entmischung in flüssigem Zustand und damit auf eine stärkere Oberflächenaktivität schließen läßt. Die Messungen ergaben in einem größeren Konzentrations- und Temperaturbereich einen positiven Temperaturkoeffizienten der Oberflächenspannung, obgleich die reinen Komponenten negative Temperaturkoeffizienten besitzen. Dieses Verhalten kann bei diesen Systemen auf Grund ihrer Oberflächenaktivität verstanden werden und läßt Rückschlüsse auf diese zu.

Institut für Physikalische Chemie der Universität Halle-Wittenberg.

Giesela Metzger.

Eingegangen am 23. Februar 1953.

Zur Lage des Wasserstoffs im Gitter kristalliner Hydroxyde.

Die röntgenographische Strukturaufklärung liefert keinen unmittelbaren Aufschluß über die Lage der Wasserstoffatome im Gitter von Hydroxyden. Diese läßt sich aber unter Berücksichtigung der Nachbarschaftsverhältnisse im Gitter mit großer Wahrscheinlichkeit voraussagen, wenn der O—O-Abstand kleiner als normal ist (< 2,9 Å). Man nimmt in diesem Falle *Wasserstoffbindung*[1]) an, wobei sich dann das H-Atom in Resonanz zwischen zwei O-Atomen, in der O—H ... O-Gruppierung befindet. Nach Bernal und Megaw[2]) ist aber Wasserstoffbindung nur bei Hydroxydoxyden des Typs $XO_n(OH)_m$ vorhanden; bei Hydroxyden vom Typ $X(OH)_n$ vermuten sie eine weitere Bindungsart, die *Hydroxylbindung*.

Von einer Reihe von Hydroxyden (vgl. Tabelle 1), deren Struktur aufgeklärt ist, wurden Absorptionsmessungen im Infrarot durchgeführt. Für die Messungen wurden die Hydroxyde in Form feiner Pulver zwischen zwei Steinsalzplatten gebracht. Alle Hydroxyde geben eine Absorption in der Nähe von 3μ, die der OH-Grundschwingung zugehört. Dies wurde für $Mg(OH)_2$ bewiesen, dessen Absorptionsmaximum bei 2,78μ liegt. Hingegen zeigt $Mg(OD)_2$ das Maximum bei 3,70 μ. Beide Wellenlängen unterscheiden sich durch den Faktor 1,33, der in guter Übereinstimmung mit dem Faktor 1,36 ist, den man beim Vergleich der Frequenzen von normalem und schwerem Wasser ermittelt.

Tabelle 1.

Hydroxyd	Absorptionsmaximum der OH-Schwingung im Infrarot	Effektiver Hydroxylradius[3])
$Ca(OH)_2$	2,78 μ	1,68 Å
$Mg(OH)_2$	2,78 μ	1,61 Å
$Ni(OH)_2$	2,79 μ	1,55 Å
$Cd(OH)_2$	2,84 μ	1,49 Å
$Y(OH)_3$	2,88 μ	1,45 Å
$La(OH)_3$	2,88 μ	1,45 Å
$Nd(OH)_3$	2,88 μ	1,45 Å
β-$Be(OH)_2$	3,00 μ	1,43 Å
ε-$Zn(OH)_2$	3,24 μ	1,41 Å
γ-$Al(OH)_3$	3,02 μ	1,39 Å
$B(OH)_3$	3,18 μ	1,35 Å
γ-FeOOH	3,20 μ	1,35 Å
α-FeOOH	3,28 μ	1,34 Å
α-AlOOH	3,48 μ	1,33 Å

Bei der graphischen Auswertung der Zahlen der Tabelle 1 (vgl. Fig. 1) ergibt sich ein bemerkenswerter Zusammenhang zwischen dem Hydroxylradius[4]) und der Wellenlänge der OH-Absorption. Man sieht, daß sich zwei OH-Gruppen nicht

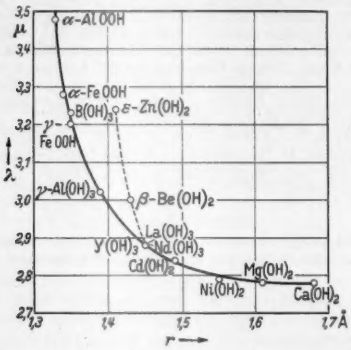


Fig. 1. Zusammenhang von Hydroxylradius (r) und Absorptionsmaximum der OH-Schwingung im Infrarot.

merklich stören, wenn die O-Atome einen größeren Abstand als 3,2 Å haben [z. B. $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$]. Dies stimmt mit dem Befund von TA[5]) überein, der aus Infrarotmessungen an $Mg(OH)_2$-Einkristallen schloß, daß die OH-Valenz nicht auf ein gegenüberliegendes Sauerstoffatom deutet, sondern in Richtung der *c*-Achse in ein Loch zwischen drei Sauerstoffatomen.

Mit zunehmender Annäherung zweier OH-Gruppen oder einer OH-Gruppe an ein O-Atom wird ein Proton von seinem zugehörigen Sauerstoffatom gelockert, wodurch ein immer stärker saurer Charakter der Verbindung resultieren muß. Die Hydroxyde mit mehr basischem Charakter liegen daher auf dem rechten Teil, die Hydroxyde mit mehr saurem Charakter auf dem linken Teil der Kurve. Die Wellenlänge der OH-Absorption verschiebt sich dabei allmählich zu längeren Wellen. Die Kurve nähert sich dann dem Hydroxylradius von etwa 1,32 Å als Grenzwert, den wir mit weiteren Messungen noch exakter fassen wollen.

Der kontinuierliche Verlauf der Kurve ist eine Stütze für die Richtigkeit der angenommenen Wasserstoffatomlagen und wird in Fällen, wo eine sichere Einordnung des Wasserstoffs im Gitter schwierig ist, eine Auswahl unter den in Frage kommenden Möglichkeiten erleichtern, wenn die Wellenlänge der OH-Absorption bekannt ist. Interessant ist, daß sich beim $Ni(OH)_2$ bereits eine schwache, beim $Cd(OH)_2$ eine etwas stärkere Verschiebung der Wellenlänge der OH-Absorption bemerkbar macht. Man hat also auch bei einigen C6-Hydroxyden, entgegen seither vorhandenen Anschauungen [s. BERNAL und MEGAW[2])] mit einer Wasserstoffbindung zu rechnen.

ε-$Zn(OH)_2$ und β-$Be(OH)_2$ lassen sich nicht in die Kurve einordnen. Beide Hydroxyde kristallisieren aber in einem Koordinationsgitter im Gegensatz zu den anderen hier aufgeführten Hydroxyden [mit Ausnahme von $Y(OH)_3$, $La(OH)_3$ und $Nd(OH)_3$][6]), die in einem Schichtengitter auftreten. Nach dem spektroskopischen Befund ist beim ε-$Zn(OH)_2$ und β-$Be(OH)_2$ der Hydroxylwasserstoff stärker gelockert, als dies im Zusammenhang mit dem Wert des betreffenden O—O-Abstandes bei den Schichtengittern zu erwarten wäre. Dies ist verständlich, wenn man bedenkt, daß im Gitter des ε-$Zn(OH)_2$ die Zinkionen die OH-Ionen sehr stark polarisieren und infolgedessen das Proton vom Sauerstoff weggedrückt wird. Vielleicht ist dieser Effekt beim β-$Be(OH)_2$ deshalb schwächer, weil die Be-Ionen kleiner sind und, da die Sauerstoffatome der BeO_4-Tetraeder sich gegenseitig berühren, durch die Sauerstoffatome abgeschirmt werden.

Die von BERNAL und MEGAW[2]) als weitere Bindungsart in Hydroxyden angenommene Hydroxylbindung erübrigt sich, da *der kontinuierliche Verlauf der Kurve den allmählichen Übergang von der ungestörten OH-Gruppe zur OH ... O-Gruppierung der Wasserstoffbindung aufzeigt.*

Wir sind mit weiteren Messungen beschäftigt. Der Deutschen Forschungsgemeinschaft und der Firma Ernst Leitz, Optische Werke, Wetzlar, danken wir für großzügige Unterstützung.

Anorganisch-Chemisches Institut der Universität Göttingen.

ERWIN HARTERT und OSKAR GLEMSER.

Eingegangen am 28. Januar 1953.

[1]) LATIMER, W. M., u. W. H. RODEBUSH: J. Amer. Chem. Soc. **42**, 1431 (1920). — HUGGINS, M. L.: J. Org. Chemistry **1**, 408 (1936). PAULING, L.: The nature of the chemical bond, S. 284ff. New York u. London 1948.

[2]) BERNAL, J. D., u. H. D. MEGAW: J. Chem. Soc. [London] **151**, 384 (1935).

[3]) Hier handelt es sich um den halben Abstand von zwei Hydroxylionen, die nicht dem gleichen Metallion koordiniert sind.

[4]) Die Werte für die effektiven Hydroxylradien sind den Arbeiten von BERNAL und MEGAW [l. c.], W. HOPPE [Z. Krystallogr. Abt. A **103**, 73 (1940); **104**, 11 (1942)], K. SCHUBERT u. A. SEITZ [Z. anorg. allg. Chem. **254**, 116 (1947)], A. SEITZ, U. RÖSLER u. K. SCHUBERT [Z. anorg. allg. Chem. **256**, 226 (1950)] entnommen.

[5]) TA, Y.: C. R. hebd. Séances Acad. Sci. **210**, 467 (1940).

[6]) Daß diese Hydroxyde sich so gut in die Kurve einfügen, betrachten wir als Zufall.

Einwirkung von Brom auf Superpolyamide.

Bei der Einwirkung von Brom auf Superpolyamide tritt eine Reaktion ein, die zu einer Lösung der Polyamide führt. Ist kein Wasser zugegen, findet kein Abbau der Polyamide statt[1]). Bei dieser Reaktion, bei der das Brom vermutlich schwarmartig am Wasserstoff des Säureamid-Stickstoffs sitzt, werden definierte Mengen von Brom pro Molekeleinheit (unit) gebunden. Diese Brommengen pro Molekeleinheit (unit) sind bei den meisten untersuchten 6.6-Nylon- und 6-Nylonarten verschieden groß. Sie variieren von 6,5 bis 15 Atome Brom pro Molekeleinheit.

Da aber in einer polymerhomologen Reihe mit zunehmender Molekelgröße des Polyamids (zunehmende Lösungsviskositäten) mehr Brommolekeln pro Molekeleinheit fixiert werden, ist zu schließen, daß die freie verfügbare Energie des Wasserstoffs am Stickstoff mit der Molekelgröße des Polyamids wächst, was mit dem allgemein bekannten Schwächerwerden der Bindungsenergie der linear gerichteten, die Kette zusammenhaltenden Atome in gutem Zusammenhang stünde.

Nach den bisherigen Untersuchungen zu urteilen, scheint der Schluß erlaubt, daß die Brombindungen der Superpolyamide auf andere Streubereiche einer Polydispersität der Polyamide ansprechen als die Lösungsviskositäten und hierdurch diese Bestimmungen vielleicht zu einer nützlichen Ergänzung der Prüfung der Polyamide beitragen werden.

Chur (Schweiz), Gäuggelistraße 34.

HUGH VOM HOVE.

Eingegangen am 28. Februar 1953.

[1]) Vgl. auch STAUDINGER, H.: Z. angew. Chem. **64**, 149 (1952).

Proteinnachweis auf Elektrophoresestreifen durch Ultraviolettabsorption.

Bei Versuchen, Pterine, Nukleinsäuren und Steroide auf Chromatogrammstreifen durch ihre Ultraviolettabsorption quantitativ nachzuweisen, fragten wir uns, ob das Verfahren nicht auch zur Auswertung von Proteinelektropherogrammen geeignet sei. Die üblichen Anfärbe- und Elutionsverfahren sind sehr zeitraubend, die angefärbten Fraktionen für weitere serologische und Fermentreaktionen unbrauchbar. Da über die Ultraviolettabsorption der Proteinfraktionen des Serums bei neutraler Reaktion nur wenig bekannt ist, bestimmten wir die Absorption verschiedener Serumproteinfraktionen zwischen

240 und 290 mμ in 0,1% Lösungen in 0,9% NaCl (p_H 7,4) im BECKMAN-Spektralphotometer (Modell Du) und im Unicam-Spektralphotometer. Wie zu erwarten, war die Extinktion einer 0,1% Lösung in 1 cm Schichtdicke für 280 mμ, abhängig vom Gehalt an aromatischen Aminosäuren, für die einzelnen Fraktionen sehr verschieden, dagegen stimmte im Bereich zwischen 250 und 255 mμ die Absorption der Albumin-, α_1, α_2, Fibrinogen- und γ-Globulinfraktion hinreichend überein. Die β-Globulinfraktion absorbiert durch anhaftende Lipoide stärker. Eine Extraktion der Lipoide ohne Denaturierung der Proteine war bislang nicht möglich, bei Extraktion auf dem Papier scheint sie jedoch ohne Beeinflussung der Absorptionsgröße des Proteinanteils zu gelingen.

Die Auswertung ohne Korrektur für Absorptionsdifferenzen der einzelnen Fraktionen ist demnach nur um 250 mμ möglich. Als Strahlungsquelle kommen Wasserstoff- und Quecksilberdampflampe in Frage. Die letztere emittiert nun bei niederem Dampfdruck fast ausschließlich die Wellenlänge 254 mμ und macht eine Filterung im kurzwelligen Bereich überflüssig. Diese Resonanzlinie fällt zwar mit dem Absorptionsminimum der Serumproteine zusammen, kann aber in der Hg-Niederdrucklampe mit ausreichender Energieausbeute und hoher spektraler Reinheit erzeugt werden. Wir verwendeten eine Spezialausführung des Brenners NK 20/40 der Quarzlampengesellschaft Hanau. Sie wurde in ein von uns modifiziertes Auswertgerät eingebaut, das durch synchronen Vorschub von Pherogrammstreifen und lichtempfindlichem Papier die selbsttätige Aufzeichnung der Absorptionskurven gestattet. Die Absorptionsdifferenzen zwischen Papier und aufgetrennten Fraktionen wurde mit einem Selen-Photoelement mit Quarzfenster gemessen. Eine in diesem Bereich weitaus empfindlichere Alkalimetallzelle hatten wir leider nicht zur Verfügung. Den geringen sichtbaren Anteil der Strahlung, der durch die viel höhere Empfindlichkeit des Selen-Photoelementes in diesem Bereich stört, mußten wir durch ein Filter UG 5 (Schott & Gen., Jena) ausschalten. Trotz einer relativen Empfindlichkeit des Photoelementes von etwa 20% für die gewählte Wellenlänge gaben die Photostromdifferenzen mit einem üblichen Galvanometer befriedigende Ausschläge. Wir verzichteten zur Vereinfachung des Verfahrens auf eine Aufhellung der Streifen. Die üblichen Aufhellungsmittel (Paraffinöl mit Naphtholzusatz) sind wegen ihrer Absorption im Ultraviolett ungeeignet. Gut bewährt sich Glycerin p.a., das durch Absorption der Strahlung unter 240 mμ als zusätzliches Filter wirkt und dessen Brechungsexponent von 1,50 bei 255 mμ mit dem verwendeten Papier übereinstimmt. Die Aufhellung mit Glycerin vermindert die Leerabsorption des Papiers um eine Zehnerpotenz.

Wir sind damit beschäftigt, die aufgenommenen Kurven mit denen der bisher üblichen Verfahren zu vergleichen. Eine Veröffentlichung des Verfahrens und der Analysenergebnisse wird in Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem. erscheinen.

Würzburg, Medizinische Universitäts-Poliklinik.

K. H. KIMBEL.

Eingegangen am 5. März 1953.

Eine modifizierte Technik der Ringpapierchromatographie.

Die nach der Technik von L. RUTTER[1]) in unserem Institut entwickelte Methode der Ringchromatographie[3]) besitzt gegenüber der üblichen eindimensionalen Papierchromatographie den Vorteil einer schärferen Trennung der Komponenten. Hierdurch wird die Auftrennung größerer Absolutmengen möglich, was besonders für quantitative Auswertungen wichtig ist. Für die Zuführung des Entwicklergemisches wurden verschiedene Vorschläge gemacht[1-4]). Neue Möglichkeiten bietet das von uns entwickelte Verfahren, bei dem die Zufuhr durch eine Art Docht erfolgt. Die Fig. 1 und 2 zeigen das Schema:

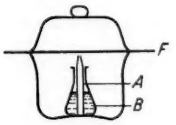


Fig. 1. Schema der Entwicklungseinrichtung.

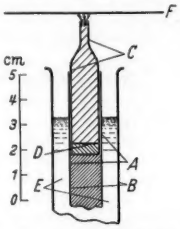


Fig. 2. Schema der Entwicklungseinrichtung (Ausschnitt).

In der Mitte auf dem Boden eines Exsikkators steht das Vorratsgefäß *B* für das Entwicklergemisch (Reagensglas oder kleiner ERLENMEYER-Kolben), während das Filtrierpapier *F* auf dem Rand des Exsikkators aufliegt. In *B* befindet sich ein mit Watte gefülltes Glasrohr *A*, in dessen oberem Teil ein engeres Glasrohr *C* steckt, das zu einer offenen Spitze ausgezogen ist. *C* ist ebenfalls mit Watte gefüllt, und ein Wattedocht ragt aus der Spitze heraus und stellt die Verbindung mit *F* her. Das zu trennende Gemisch wird an den Punkt *D* gebracht. Zu diesem Zweck hebt man *C* heraus und bringt mit Hilfe einer Kapillare das Analysengemisch in den unteren Teil von *C* ein. Ein aufgesetzter kleiner Wattepfropfen verhindert ein Zurückfließen der Analysenlösung und stellt gleichzeitig die Verbindung mit *A* her. Das Entwicklergemisch *E* wird in *B* eingefüllt und steigt durch die Wattefüllungen bis zum Fließpapier *F* auf. Hierdurch wird erreicht, daß das zu trennende Gemisch bereits einer Fraktionierung unterliegt, bevor es das Papier erreicht. Liegt ein Hydrolysat vor, so erscheinen bei der Entwicklung mit Butanol-Eisessig-Wasser (4:1:5) (PARTRIDGE-Gemisch), je nach der Saugfähigkeit des Papiers, die Leucine nach etwa 5 bis 10 min und das Cystin

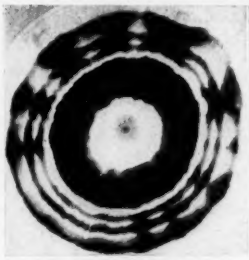


Fig. 3. Casein-Totalhydrolysat 25 mm³ (880 γ N); entwickelt nach der Tropfmethode.

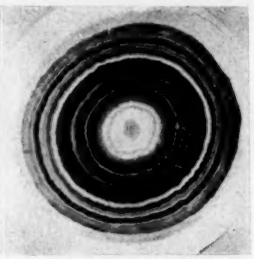


Fig. 4. Casein-Totalhydrolysat 25 mm³ (880 γ N); entwickelt nach der beschriebenen Methode.

nach etwa 3 Std. Gleichzeitig wird eine gleichmäßigere Verteilung der zu trennenden Substanzen im Entwicklergemisch erzielt, was besonders bei neutralsalzhaltigen Gemischen von großem Wert sein kann. Einen Begriff davon vermitteln die Fig. 3 und 4. In beiden Fällen wurden 25 mm³ Casein-Totalhydrolysat mit etwa 880 γ N aufgegeben und mit PARTRIDGE-Gemisch etwa 8 Std entwickelt. Im Fall der gewöhnlichen Ringchromatographie nach der Tropfmethode[3]), Fig. 3, zeigen sich unregelmäßige Banden und bei den Aminosäuren mit hohem *Rf*-Wert radial verlaufende Gebiete wechselnd stärkerer und geringerer Konzentration. Diese Verhältnisse werden unter anderem durch den Neutralsalzgehalt sowie die hohe Konzentration an Aminosäuren bedingt. Hingegen zeigt Fig. 4, daß bei der Entwicklung mit Hilfe eines Dochtes die Ausbreitung der Ringe trotz der gleichen hohen Absolutmenge eine sehr regelmäßige ist.

Ein weiterer Vorteil, den diese Methode bietet, ist die Tatsache, daß man nunmehr aus einer Analysenprobe im Verlauf der papierchromatographischen Entwicklung mehrere Fraktionen entnehmen kann. Hierzu ist es nur nötig, die Papierbogen nach verschiedenen Zeiten, z. B. nach 10 min, $^1/_2$, 1, 2 und 3 Std zu wechseln. Wird ein Hydrolysat mit PARTRIDGE-Gemisch entwickelt, so enthält der nach 10 min entnommene Bogen etwa die Leucine, Phenylalanin, Methionin, Valin und Tyrosin und entsprechend die danach entnommenen Bogen Fraktionen von Aminosäuren mit kleineren *Rf*-Werten. Die Bogen mit den Fraktionen werden nach dem Trocknen in einem anderen Exsikkator mit dem gleichen oder einem anderen Gemisch erneut entwickelt. Bei der zur Weiterentwicklung benutzten Apparatur müssen die Rohre *A* und *C* natürlich frei von jeglicher Analysenlösung sein.

Institut für Agrikulturchemie und Bodenkunde der Universität Rostock (Direktor: Prof. Dr. K. NEHRING).

E. SCHWERDTFEGER.

Eingegangen am 12. Februar 1953.

[1]) RUTTER, L.: Nature [London] **161**, 239 (1948).
[2]) ROSEBECK, S.: Chem. Weekbl. **46**, 813 (1950).
[3]) ZIMMERMANN, G., u. K. NEHRING: Angew. Chem. **63**, 556 (1951).
[4]) GIRI, K. V., u. N. A. N. RAO: Nature [London] **169**, 923 (1952).

Ein Bakterienstamm mit breitem antibiotischem Wirkungsspektrum.

Bei einer Prüfung der antibiotischen Wirksamkeit verschiedener pilzlicher Leinparasiten erwies sich ein für die Testung verwendeter Bakterienstamm, von uns als Stamm 13

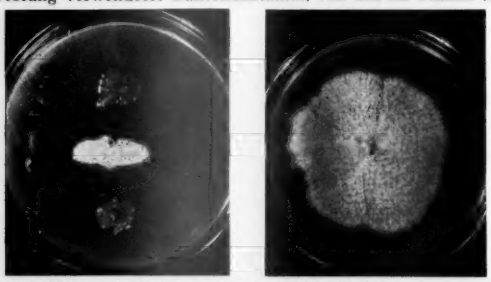


Fig. 1. Hemmung des Wachstums von Trichothecium roseum durch Bacterium 13. Links 5 Tage alte Kultur, zwischen 2 Kolonien von Bacterium 13 wachsend; rechts Kontrolle. Der Pilz wurde eine Woche, nachdem die Bakterien auf die Platte geimpft worden waren, in die Mitte zwischen die beiden Bakterienkolonien geimpft.

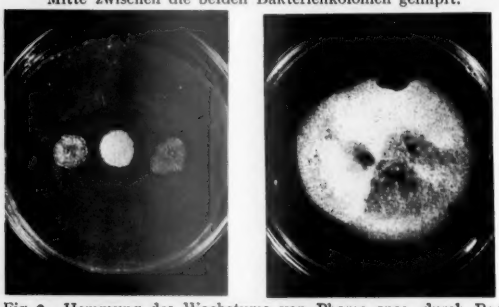


Fig. 2. Hemmung des Wachstums von Phoma spec. durch Bacterium 13. Versuchsanordnung wie bei Fig. 1.

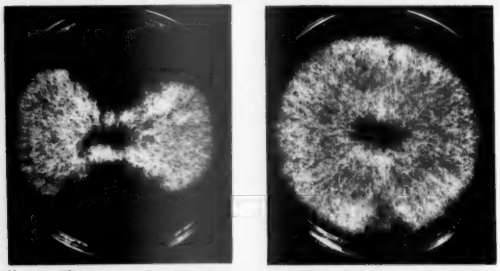


Fig. 3. Hemmung des Wachstums von Fusarium spec. durch Bacterium 13. Versuchsanordnung wie bei Fig. 1.

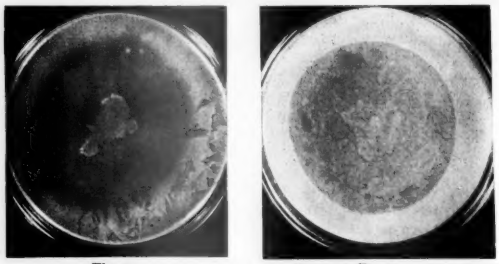


Fig. 4. Fig. 5.

Fig. 4. Hemmung von Staphylococcus aureus durch Bacterium 13. Bakterienaufschwemmung 18 Std bebrütet. Kolonie von Bacterium 13 (in der Mitte der Platte) eine Woche alt.

Fig. 5. Hemmung von Bacillus subtilis durch Bacterium 13. Versuchsanordnung wie bei Fig. 4.

bezeichnet, selbst als gegen die untersuchten Parasiten fungistatisch. Eine mehrfache Wiederholung der Versuche bestätigte diese Befunde und zeigte, daß eine deutliche fungistatische Wirkung der lebenden Bakterienkultur vorliegt gegen Stämme von *Phoma spec.*, *Polyspora lini* LAFF., *Colletotrichum lini* MANNS. et BOLLEY, *Fusarium spec.*, ferner gegen *Penicillium notatum* FLEMING, *Alternaria spec.*, *Rhizoctonia solani* KÜHN, *Trichothecium roseum* LINK (Fig. 1—3).

Eine fungizide Wirkung wurde gegenüber *Colletotrichum lini* festgestellt. Keine Wirkung zeigte sich gegenüber *Mucor racemosus* FRES. und *Mortierella spec.*

Gegenüber den üblichen Testbakterien zeigte sich eine stark hemmende und bakterizide Wirkung gegen *Staphylococcus aureus* (Fig. 4). Stark war die bakteriostatische Wirkung von Bacterium 13 auch gegen *Bacillus subtilis* (Fig. 5). Etwas schwächer als gegenüber den beiden genannten Bakterien war die antibiotische Wirkung gegen *Escherichia coli* (Fig. 6). Keine Wirkung besteht gegen *Agrobacterium tumefaciens*.

Mit aus den Kulturen gewonnenen Rohkonzentraten wurden zur Feststellung der Giftigkeit bzw. Ungiftigkeit des Bacteriums bzw. der aus ihm gewonnenen Konzentrate gegenüber Säugetieren Fütterungsversuche an weißen Mäusen vorgenommen. Die Tiere erhielten mehrere Monate hindurch neben Trockenfutter nur Wasser, das größere Mengen von Rohkonzentrat enthielt, das vorher auf seine antibiotische Wirksamkeit hin getestet worden war. Die so behandelten Mäuse zeigten nicht nur keinerlei feststellbare Schäden, sondern die Sterblichkeit, die besonders zu Beginn der Versuche durch

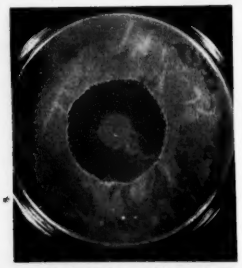


Fig. 6. Hemmung von Escherichia coli durch Bacterium 13. Versuchsanordnung wie bei Fig. 4.

eine uns unbekannte Infektionskrankheit stark erhöht war, betrug bei den behandelten Tieren nur etwa 20% der Kontrollen. Für die zum mindesten sehr geringe Toxizität des Stammes 13 sprechen Versuche, bei denen den Tieren bis zu 1 cm³ lebende Bakterienkulturen intraperitoneal und subkutan injiziert wurden. Die Injektion wurde in allen Fällen ohne erkennbare Schädigung auch bei Beobachtung über mehrere Wochen ertragen.

Die Kultur von Bacterium 13 ist verhältnismäßig einfach, und die für die Kultur benötigten Grundstoffe sind billig. Die zur Erreichung der Höchstproduktion benötigte Zeit beträgt höchstens 4 Tage. Die aus der Kultur gewonnene trockene Rohsubstanz hat ihre Wirksamkeit bei Aufbewahrung an der Luft bei Zimmertemperatur bisher 18 Monate ohne eine feststellbare Minderung behalten. Auch die weiter gereinigte Substanz ließ bei gleicher Aufbewahrung bisher keinen Abfall in der Wirksamkeit erkennen.

Die gemeinsam mit dem Leiter der Chemischen Abteilung des Instituts, Dr. M. LÜDTKE, unternommenen Versuche zur Konzentration und Reinigung der antibiotisch wirksamen Substanzen sind noch nicht abgeschlossen. Bei diesen Arbeiten zeigte es sich, daß von dem Bacterium 13 offenbar mehrere antibiotische Wirkstoffe, zum mindesten eine stärker staphylococcus- und eine andere mehr coli-wirksame Substanz erzeugt werden.

Max Planck-Institut für Züchtungsforschung, Erwin Baur-Institut, Institut für Bastfaserforschung, Niedermarsberg i. Westf.

F. SCHWANITZ und H. HAHN.

Eingegangen am 10. Februar 1953.

Verhalten der Granula in Knochenmarkzellen während der Teilung.

Bei Versuchen der Züchtung von Knochenmark in vitro ergab sich Gelegenheit, das Verhalten der spezifischen Granulation der verschiedenartigen Zellen des Knochenmarks an einer großen Zahl von Teilungen zu beobachten. Da die Frage[1]), ob allgemein die Verteilung strukturierter Bestandteile des Zellplasmas (Mikrosomen, Mitochondrien) auf die bei der Teilung entstehenden Zellen zufallsmäßig oder nach einer bestimmten Ordnung erfolgt, offen ist, können die ver-

schiedenen Elemente des Knochenmarks mit ihrer in Größe und Zahl variierenden Granulation als ein wertvolles Modell für dieses Problem angesehen werden. Besondere Bedeutung hat die Granulationsverteilung während der Mitose auch durch die Plasmagentheorie der Krebsentstehung bekommen, da die Möglichkeit einer Eigenschaftsänderung von Zellen durch Entmischung der Plasmabestandteile bei Zellteilungen erwogen wird[2]). Unsere Beobachtungen in den Knochenmarksexplantaten (s. Tabelle 1) lassen sich so zusammenfassen, daß

Tabelle 1.

Art der Granulation	Anordnung	Verhalten während der Teilung
Grob		
Eosinophile Myelozyten	dicht	homogen verteilt
Basophile Myelozyten	meist dicht	homogen, manchmal angedeutete Verdichtung in der Teilungsebene
Unreife neutrophile Myelozyten	spärlich	Anordnung um die Teilungsebene
Fein		
Reife neutrophile Myelozyten		homogen verteilt
Azurgranula in Monozyten		homogen verteilt
Feine Granula in Histiozyten und Reticulumzellen		homogen verteilt
Paramitotische Granulation		homogen verteilt

feine Granulation, die in diesem Material dann meist auch zahlreich ist, während der Teilung homogen über das Zellplasma verteilt ist und bleibt. Dasselbe gilt für grobe Granula von größerer Zahl. Sind diese Granula dagegen spärlich, so kann man ihre Anhäufung in der Teilungsebene beobachten [ähnlich wie bei[1])]. Für diesen Fall könnte die Möglichkeit eines ordnenden Mechanismus, der eine gleichmäßige Verteilung der Granulation auf die Tochterzellen gewährleistet, diskutiert werden. Bildmaterial sowie weiteres Schrifttum wird in einer in der Zeitschrift für Krebsforschung im Druck befindlichen Arbeit gebracht.

Institut für Experimentelle Krebsforschung der Universität Heidelberg.
Medizinische Universitätsklinik Marburg a.d.Lahn.
RUDOLF GROSS. AUGUST MAYER.

Eingegangen am 2. März 1953.

[1]) DANEEL, R., u. E. GÜTTES: Naturwiss. 38, 117 (1951).
[2]) NOTHDURFT, H.: Z. Krebsforsch. 56, 176 (1948).

Kern-Plasma-Mitochondrien-Relation als Zellcharakteristikum*).

Die bisher als morphologisches Zellcharakteristikum verwendete Kern-Plasma-Relation nach R. HERTWIG[1]) besagt, daß bei einer Zelle in stationärem Zustand das Verhältnis von Kern- zu Plasmavolumen konstant ist und daß eine Zunahme des Plasmas eine entsprechende des Kernes bedingt. Der Absolutwert der Kern-Plasma-Relation ist von Zellart zu Zellart verschieden; bei Tumorzellen[2]) ist er größer als bei entsprechenden normalen Zellen, so daß man hierin einen Hinweis für eine Wachstumstendenz von Zellen sehen könnte. Jedoch besteht beim Zellwachstum nicht eine gleichzeitige Vergrößerung der Zellbestandteile, sondern eine zeitliche Divergenz von Plasma- und Kernzunahme, so daß die Relation für ein und dieselbe Zelle zu verschiedenen Zeiten einen wechselnden Wert hat. Eine Verdopplung von Kern und Plasma müßte man als Teilungsvoraussetzung ansehen, die aber die gleiche Relation ergeben würde wie im Ausgangszustand, so daß die Teilungsbereitschaft hieraus nicht abzuleiten ist. Entsprechend fand JACOBJ[3]) in Zellpopulationen ein Nebeneinander von Zellen mit einfachem, zwei- und vierfachem Kern- und Plasmavolumen, die augenscheinlich stabil sind [zum Geltungsbereich der Kern-Plasma-Relation s. auch HUGHES[4])].

Angesichts der Bedeutung, welche insbesondere durch biochemische Untersuchungen[5]) die strukturierten Bestandteile des Zytoplasmas, die Mitochondrien und Mikrosomen, bekommen haben, erscheint es lohnend, Überlegungen anzustellen, ob ihre Einbeziehung in die Relationen der Zellbestandteile ein besseres Zellcharakteristikum darstellt. Während nach der Kern-Plasma-Relation Plasmazuwachs dem Kernzuwachs proportional sein sollte, machen wir die Annahme, daß Plasmazuwachs proportional der Summe von Kernzuwachs und Mitochondrienzuwachs ist. Im Gegensatz zur Kern-Plasma-Relation würde dieser Ansatz eine zeitliche Divergenz von Plasma- und Kernzuwachs zulassen. Aus Stoffwechselgründen ist zunächst eine Proportionalität zwischen dem Zuwachs des Plasmas (glykolytische Fermente) und dem der Mitochondrien (Atmungsfermente) anzunehmen, so daß nach der Teilung einer Zelle der Mitochondrienzuwachs über den des Kerns dominiert. In einer späteren Phase des Zelllebens kann dann der Kernzuwachs vorherrschen, eventuell sogar auf Kosten der Mitochondrien. Qualitativ lassen sich durch diese Annahme die Unterschiede zwischen einer stationären Zelle mit Funktion, einer normalen Zelle mit Funktion und Wachstum und einer Zelle ohne Funktion mit Wachstum, im Grenzfall der malignen Zelle darstellen. Eine mathematische Formulierung unter Verwendung vergleichbarer relativer Maßstäbe für die einzelnen Zellbestandteile ist möglich; auf ihre Wiedergabe wird hier verzichtet, da ihr zunächst nur deskriptiver Charakter zukommt. Vom biochemischen Standpunkt aus erscheint es von Interesse, daß das Verhältnis von Plasma zu Mitochondrien das Verhältnis von Glykolyse zu Atmung, das Verhältnis von Mitochondrienzuwachs zu Kernzuwachs die Konkurrenz um die Bausteine der Nucleinsäuren zwischen Plasmastrukturen (Ribonucleinsäure) und Kern (Thymo- und Ribonucleinsäure) beinhaltet. Dieser Ansatz würde also zugleich morphologische und biochemische Charakteristika in eine Beziehung zueinander bringen [Stoffwechselunterschiede normaler und maligner Zellen nach O. WARBURG[6])].

Für die Frage der Teilungsauslösung müssen wir bei den Mitochondrien nicht nur ihre Masse oder Anzahl, sondern auch ihren Aktivitätszustand betrachten. Unsere Untersuchungen[7]) über Zellstoffwechsel und Zellteilung legen es nahe, daß während der Teilung eine Inaktivierung der Mitochondrien besteht. CHÈVREMONT[8]) beschrieb kürzlich eine morphologische Veränderung der Mitochondrien in Richtung der Auflösung während der Zellteilung; unsere eigenen Beobachtungen lassen diese Inaktivierung auch durch Zusammenballung oder Verklumpung möglich erscheinen. Jedenfalls kann man Zahl und Aktivität der Mitochondrien als einen Faktor betrachten, der einer Teilungsauslösung entgegenwirkt. Formelmäßig könnte man die Teilungswahrscheinlichkeit (TW) zu Kernvolumen (K), Plasmavolumen (P) und Menge der aktiven Mitochondrien (M) in folgende Beziehung bringen (a = ein Proportionalitätsfaktor):

$$TW = a \cdot K(P - M).$$

Solange M mit P kommensurabel ist, wird die Teilungswahrscheinlichkeit klein sein, auch wenn K und P ihren Wert vervielfacht haben. Diese Formulierung würde also erklären, warum Zellen mit einem Vielfachen von Kern- und Plasmavolumen stabil sein können. Sinkt aber der Wert M ab, so erreicht TW einen Wert, der bei vergrößertem K und P bei Überschreitung eines kritischen Wertes zur Instabilität, d.h. zur Teilung führt.

Die hier skizzierten Überlegungen gestatten bisher eine qualitative Symbolisierung von verschiedenen Zellarten und ihrer Stabilitätsverhältnisse; sie sind in erster Linie als Ausgangspunkt für weitere quantitative Feststellungen zu werten.

Institut für Experimentelle Krebsforschung der Universität Heidelberg.
HANS LETTRÉ und RENATE LETTRÉ.

Eingegangen am 25. Februar 1953.

[1]) HERTWIG, R.: Biol. Zbl. 23, 49, 108 (1903).
[2]) SCHAIRER, E.: Z. Krebsforsch. 54, 295 (1943).
[3]) JACOBJ, W.: Arch. Entw.mechan. 106, 124 (1925).
[4]) HUGHES, A.: The mitotic cycle. New York 1952.
[5]) SCHNEIDER, W. C., u. G. H. HOGEBOOM: Cancer Res. 11, 1 (1951).
[6]) WARBURG, O.: Über den Stoffwechsel der Tumoren. Berlin 1926.
[7]) LETTRÉ, H., M. ALBRECHT u. R. LETTRÉ: Naturwiss. 38, 490, 504, 505 (1951). — Z. Krebsforsch. 58, 621 (1953).
[8]) CHÈVREMONT, M., u. J. FREDERIC: Archives de Biol. 63, 259 (1952).

*) Vorgesehen für einen Vortrag an der Universität Chicago am 11. März 1953.

Die Wirkung von Na-Benzyl-Penicillin auf die Samenkeimung und das Wurzelwachstum.

(I. Mitteilung.)

BEIN, SIGNER und SCHOPFER[1]) konnten im Handels-Penicillin (SQUIBB) β-Indolylessigsäure nachweisen. Eine solche Wuchsstoffbeimengung wird hier — wie zum Teil auch in anderen Fällen[2]),[3]) — für die nach Penicillin-Einwirkung

beobachteten Wachstumshemmungen bzw. -förderungen höherer Pflanzen verantwortlich gemacht. Reine Na-Benzyl-Penicillin-Präparate ergaben dagegen bei Maiswurzeln in der Konzentration 150 IE/cm³ keine Wachstumshemmungen[1]) [s. auch [4])]. Penicillin wird aber durch die Wurzel aufgenommen, ist in den Blattpreßsäften quantitativ, antibiotisch aktiv nachzuweisen und wirkt in höheren Konzentrationen (>1000 IE/cm³) offensichtlich auf den Wasserhaushalt ein[5]), [6]).

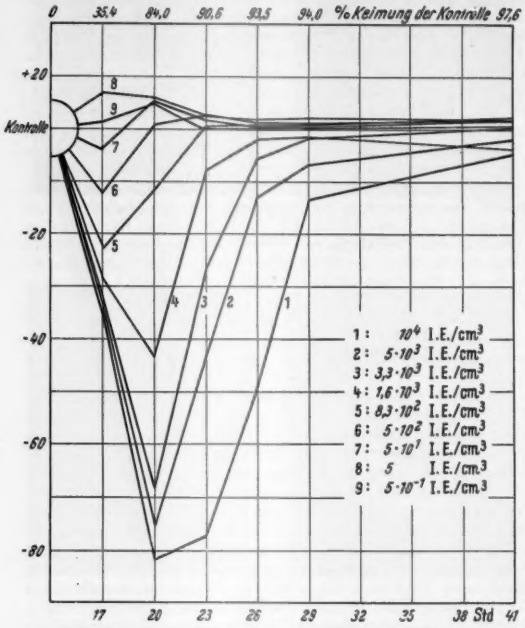


Fig. 1. Keimung von *Lepidium sativum* in Na-Penicillin-Lösungen. Ordinate: Differenzen der Keimzahlen gegenüber Kontrolle.

Die folgenden Versuche wurden mit Penicillin G (Hoechst), kristallisiertes Natriumsalz (Op.-Nr. 23, 34, 40, 181) höchster zur Zeit erreichbarer Aktivität (1666 IE/mg) durchgeführt. Na-Penicillin (= P.) wurde in Aqua bidest. gelöst, bei den Keimversuchen in den Konzentrationen 10^4 bis $5 \cdot 10^{-2}$ IE/cm³ und im Kressewurzeltest von 10^4 bis $5 \cdot 10^{-9}$ IE/cm³ getestet. Für die Keimversuche (Dunkelkeimschrank, 22° C) wurden die Gartenkresse *Lepidium sativum* (K. Hild, Marbach, Nr. 384; 1949) und *Avena sativa* „Siegeshafer" in Petri-Schalen verwendet. Es ergab sich allgemein bei 10^4 bis $5 \cdot 10^1$ IE/cm³ für Kresse nach 17 Std eine Herabsetzung und in 5 IE/cm³ eine geringe Erhöhung der Keimschnelligkeit (Fig. 1). Die Keimfähigkeit war nach 41 Std in hohen Konzentrationen nur gering herabgesetzt [s. auch [7])]. *Avena sativa* zeigte im Prinzip den gleichen Keimungsverlauf. Der Kressewurzeltest nach Moewus[8]) ergab insbesondere bei Verdünnung über $5 \cdot 10^{-5}$ IE/cm³ keine sichere Reproduzierbarkeit der einzelnen Versuchskurve. Unter Berücksichtigung der gegen dieses Testverfahren erhobenen Bedenken [siehe u. a. Reinert[9])] kann aus der Kurve der Fig. 2a (Mittelwerte von 6 Einzelkurven) nur vorsichtig geschlossen werden, daß zwei Hemmbereiche ($5 \cdot 10^{-9}$ bzw. $> 5 \cdot 10^1$ IE/cm³) und zumindest ein geringer Förderbereich (bei etwa 5 IE/cm³) vorliegen (für einen weiteren Förderbereich zwischen $5 \cdot 10^{-4}$ und $5 \cdot 10^{-7}$ IE/cm³ konnte die Konzentration von P. nicht sicher ermittelt werden). Die Einwirkung von P. in Phosphatpuffer von p_H 3,6 ergab eine Verstärkung der Wachstumshemmung bei $5 \cdot 10^{-3}$ und eine Senkung der Kurve $> 5 \cdot 10^{-3}$ IE/cm³ (Fig. 2b).

Die Aktivität des verwendeten P. gegen *Staphylococcus aureus* (ETH Zürich Nr. 2070) konnte in wäßriger Lösung ($5 \cdot 10^3$ IE/cm³, p_H 6,5) durch einstündiges Autoklavieren

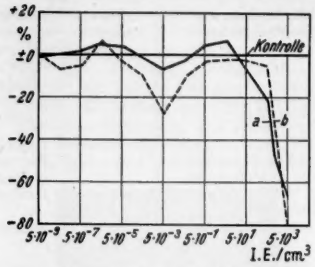


Fig. 2a u. b. Wurzelwachstum von *Lepidium sativum* in Na-Penicillin-Lösung. a In Aqua bidest. von p_H 6,5; b in Phosphatpuffer von p_H 3,6.

(1 atü) beseitigt werden. Nach Zerstörung ergab der Kressewurzeltest insgesamt das gleiche Kurvenbild wie bei nicht erhitzter Lösung. „Wir müssen also annehmen, daß der auf das Kressewurzelwachstum wirkende Komplex nicht mit dem gegen *Staph. aureus* wirksamen identisch ist. Die zweigipflige Kurve könnte ferner erfahrungsgemäß[10]) durch ein Zusammenwirken von mindestens zwei Substanzen entstehen. Somit bestehen hiernach vorläufig die Möglichkeiten, daß im Kressewurzeltest entweder eine oder mehrere Beimengungen oder eventuell die beiden hydrolytischen Spaltprodukte des P. (Penicillamin und Benzyl-Penilloaldehyd) zur Wirkung kommen. Das unter den obigen Bedingungen geprüfte P. weist somit einen gegen Kresse aktiven, thermostabilen Komplex auf.

Institut für Botanik der Technischen Hochschule Hannover.

K. v. Weihe.

Eingegangen am 14. Januar 1953.

[1]) Bein, R., R. Signer u. W. H. Schopfer: Exper. 3, 291 (1947).
[2]) de Ropp, R. S.: Nature [London] 158, 555 (1946).
[3]) Bustinza, L. F., u. L. A. Caballero: IV. Internat. Congr. Microb., Copenhagen 1947. 1949, 160.
[4]) Seiler, L.: Ber. schweiz. bot. Ges. 61, 622 (1951).
[5]) Winter, A. G., u. L. Willeke: Naturwiss. 38, 262 (1951).
[6]) Winter, A. G.: Z. Bot. 40, 153 (1952).
[7]) Wright, J. M.: Ann. Bot. 15, 493 (1951).
[8]) Moewus, F.: Biol. Zbl. 68, 118 (1949).
[9]) Reinert, J.: Z. Bot. 40, 77 (1952).
[10]) Moewus, F., L. Moewus u. H. Skwarra: Planta 40, 254 (1952).

Besprechungen.

Bellion, B., und F. de Michelis: L'Energia Atomica e sue applicazioni biologiche. Einführung in die Anwendung der Isotope in Biologie und Medizin. Turin: Rosenberg u. Sellier 1951. XV, 572 S., 117 Fig., 42 Tab. u. 15 Tafeln. Lire 7000.—. Preis außerhalb Italiens US $ 11.—.

Es handelt sich um ein einführendes Werk, das sich an Biologen und Mediziner wendet, die die Atomphysik als Hilfsmittel bei ihren Untersuchungen verwenden wollen. In 19 Kapiteln werden behandelt: Die Struktur des Atomäußeren, der Atomkern, die Radioaktivität, Kernreaktionen, Beschleunigungsanlagen für Atomkerne, Nachweisgeräte für Kernreaktionen, Isotopentrennung, Hilfsmittel der Statistik für die Auswertung von Versuchsergebnissen, Wechselwirkung von Materie und Strahlung, Wechselwirkungen mit der lebenden Substanz, Dosimetrie, die Isotope des Wasserstoffs, Kohlenstoff- und Sauerstoffisotope, Natrium- und Kaliumisotope, Eisenisotope, Radioaktiver Phosphor, Radioaktives Jod, Isotope und Tumoren, sowie Strahlenschädigung und Strahlenschutz, einschließlich der Strahlungen einer Atomexplosion. Der Ref. ist nur für diejenigen Teile zuständig, die sich mit der physikalischen Seite des Stoffes befassen. Sie dürften ein brauchbarer Wegweiser für denjenigen sein, der sich mit dem Gebiet vertraut machen will. K. Wirtz (Göttingen).

Eingegangen am 27. Februar 1952.

Verantwortlich für den Textteil: Prof. Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg.
Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg.

Handbuch der Kältetechnik

Unter Mitarbeit zahlreicher Fachleute

Herausgegeben von

Professor Dr. **Rudolf Plank,** Karlsruhe

In zwölf Bänden

Zuerst erschien:

Neunter Band

Biochemische Grundlagen der Lebensmittelfrischhaltung

Bearbeitet von

M. Bier-New York, **W. Diemair**-Frankfurt a. M., **H. Kühlwein**-Karlsruhe, **F. F. Nord**-New York, **K. Paech**-Tübingen, **G. Steiner**-Heidelberg, **J. E. Wolf**-Karlsruhe

Mit 128 Abbildungen. XII, 519 Seiten. 1952

Ganzleinen DM 96.—

Bei Verpflichtung zur Abnahme des gesamten Handbuches Subskriptionspreis Ganzleinen DM 76.80

Inhaltsübersicht:

Chemische Grundlagen der Lebensmittelfrischhaltung. Von Professor Dr.-Ing. Dr. phil. Willibald Diemair, Leiter des Universitäts-Instituts für Lebensmittelchemie, Frankfurt a. M. — **Kolloidchemische Grundlagen der Lebensmittelfrischhaltung.** Von Professor Dr. F. F. Nord und Dozent Dr. M. Bier, Department of organic Chemistry and Enzymology, Fordham University New York. — **Mikrobiologische Grundlagen der Lebensmittelfrischhaltung.** Von Dozent Dr. phil. Hans Kühlwein, Regierungsbotaniker, Botanisches Institut der Technischen Hochschule Karlsruhe. — **Biologische Grundlagen der Frischhaltung pflanzlicher Lebensmittel.** Von Professor Dr. phil. Karl Paech, Botanisches Institut der Universität Tübingen. — **Biologische Grundlagen der Frischhaltung tierischer Lebensmittel.** Von Professor Dr. Gerolf Steiner, Zoologisches Institut der Universität Heidelberg. — **Ernährungsphysiologische Grundlagen der Frischhaltung von Lebensmitteln.** Von Dr. phil. habil. Johannes Erich Wolf, Bundesforschungsanstalt für Lebensmittelfrischhaltung Karlsruhe. — **Namenverzeichnis.** — **Sachverzeichnis.**

Die Frischhaltung von Lebensmitteln bildet eines der wichtigsten Anwendungsgebiete der Kältetechnik. Um die Einwirkung tiefer Temperaturen auf die Haltbarkeit der Lebensmittel richtig zu beurteilen und den bestmöglichen Einsatz der Kältetechnik bei der Behandlung schnell verderblicher Lebensmittel tierischen und pflanzlichen Ursprungs zu gewährleisten, muß sich der Kältetechniker mit den physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften der Lebensmittel vertraut machen. Es wurden daher die biochemischen Vorgänge bei der Lebensmittelfrischhaltung behandelt und dabei auf die allgemeinen Grundlagen der Lebensmittelchemie, der Kolloidchemie und der Mikrobiologie eingegangen. Anschließend werden die spezifischen Eigenschaften der pflanzlichen und der tierischen Lebensmittel behandelt, und es wird ihr Verhalten bei der Abkühlung, beim Gefrieren und bei der Kaltlagerung erläutert. Zum Schluß wird noch auf die ernährungsphysiologischen Grundlagen eingegangen.

Die weiteren Bände werden behandeln:

Erster Band: **Geschichtliche Entwicklung der Kältetechnik, wirtschaftliche Bedeutung der Kältetechnik, Statistik, Werkstoffe.** — Zweiter Band: **Thermodynamische Grundlagen.** — Dritter Band: **Verfahren zur Kälteerzeugung und Grundlagen der Wärmeübertragung.** — Vierter Band: **Die Kältemittel.** — Fünfter Band: **Verdichter für Kältemaschinen.** — Sechster Band: **Wärmeübertragungsapparate, Zubehör, Verdichtungskälteanlagen, Betrieb, Automatik.** — Siebenter Band: **Sorptionskältemaschinen.** — Achter Band: **Erzeugung tiefster Temperaturen.** Zehnter Band: **Anwendung der Kälte in der Lebensmittelindustrie.** — Elfter Band: **Lagerung und Transport.** — Zwölfter Band: **Die Anwendung der Kälte in der Verfahrenstechnik.**

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Ergebnisse der exakten Naturwissenschaften

Herausgegeben von

Professor Dr. **S. Flügge** Marburg a. d. Lahn und Professor Dr. **F. Trendelenburg** Erlangen

Unter Mitwirkung von

Professor Dr. **W. Bothe** Heidelberg, Professor Dr. **F. Hund** Frankfurt a. M., Professor Dr. **P. Harteck** Hamburg

Einundzwanzigster Band. Mit 188 Abbildungen. III, 361 Seiten. 1945. DM 48.—

Inhaltsübersicht: **Neuere Fortschritte der Theorie des inneren Aufbaues und der Entwicklung der Sterne.** Von L. Biermann, Berlin-Babelsberg. — **Elektrische Leitfähigkeit der Metalle bei tiefen Temperaturen.** Von E. Grüneisen, Marburg a. d. Lahn. — **Supraleitfähigkeit.** Von E. Justi, Berlin und K. H. Koch, Wien. — **Anregungsstufen der leichten Atomkerne.** Von H. Volz, Erlangen. — **Die elektronenmikroskopische Untersuchung von Oberflächen.** Von H. Mahl, Berlin-Reinickendorf. — **Die Messung mechanischer und akustischer Widerstände.** Von K. Schuster, Breslau. Vergriffen

Zweiundzwanzigster Band. Mit 195 Abbildungen. III, 332 Seiten. 1949. DM 48.—

Inhaltsübersicht: **Transurane.** Von S. Flügge, Marburg a. d. Lahn. — **Die Elektronenschleuder.** Von H. Kopfermann, Göttingen. — **Die Entwicklung der Elektronenlawine in den Funkenkanal.** (Nach Untersuchungen in der Nebelkammer.) Von H. Raether, Sceaux (Seine). — **Molekulare Schallabsorption und -dispersion.** Von H. O. Kneser, Göttingen. — **Röntgenbestimmungen der Atomanordnung in flüssigen und amorphen Stoffen.** Von R. Glocker, Stuttgart. — **Ursprung und Eigenschaften der kosmischen Strahlung.** Von E. Bagge, Hamburg. — **Ionosphäre.** Von J. Zenneck, Althegnenberg (Obb.). — Inhalt der Bände I—XXII. Namen- und Sachverzeichnis.

Dreiundzwanzigster Band. Mit 215 Abbildungen. III, 416 Seiten. 1950. DM 59.60

Inhaltsübersicht: **Die Sonnenkorona.** Von H. Siedentopf, Tübingen. — **Experimentelle Schwingungsanalyse.** Von W. Meyer-Eppler, Bonn a. Rh. — **Schallreflexion, Schallbrechung und Schallbeugung.** Von A. Schoch, Göttingen. — **Seignette-Elektrizität.** Von H. Baumgartner, F. Jona und W. Känzig, Zürich. — **Theorie der Supraleitung.** Von H. Koppe, Göttingen. — **Röntgenspektroskopie der Valenzelektronenbänder in Krystallen.** Von H. Niehrs, Berlin. — Inhalt der Bände XI—XXIII. Namen- und Sachverzeichnis.

Vierundzwanzigster Band. Mit 232 Abbildungen. III, 451 Seiten. 1951. DM 48.60

Inhaltsübersicht: **Spezifische Leuchtvorgänge im Bereich der mittleren Ionosphäre.** Von C. Hoffmeister, Sonneberg. — **Elektroneninterferenzen und ihre Anwendung.** Von H. Raether, Hamburg. — **Die Erforschung der Struktur hochmolekularer und kolloider Stoffe mittels Kleinwinkelstreuung.** Von R. Hosemann, Berlin. — **Experimentelle Grundlagen der Spektroskopie des Zentimeter- und Millimeter-Gebietes.** Von B. Koch, Weil a. Rh. — **Die Mikrowellenspektren molekularer Gase und ihre Auswertung.** Von W. Maier, Freiburg i. Br. — **Spektroskopie der Gammastrahlen mit Krystallgittern.** Von A. Faessler, Freiburg i. Br. — **Die genäherte Berechnung von Eigenwerten elastischer Schwingungen anisotroper Körper.** Von H. J. Mähly, Zürich. — Inhalt der Bände XI—XXIV. Namen- und Sachverzeichnis.

Fünfundzwanzigster Band. Mit 345 Abbildungen und 32 Energieschemata. VII, 650 Seiten. 1951. DM 76.—; Ganzleinen DM 79.—

Inhaltsübersicht: **Hydrodynamisches Verhalten von Makromolekülen in Lösung.** Von W. Kuhn, H. Kuhn und P. Buchner, Basel. — **Schallgeschwindigkeit und Molekülstruktur in Flüssigkeiten.** Von W. Schaaffs, Berlin-Siemensstadt. — **Fehlordnungserscheinungen und Leitungsvorgänge in ionen- und elektronenleitenden festen Stoffen.** Von K. Hauffe, Greifswald. — **Der elektrische Lichtbogen.** Von H. Maecker, Kiel. — **Dielektrisches Verhalten im Zusammenhang mit dem polaren Aufbau der Materie.** Von F. H. Müller, Marburg a. d. Lahn, und Chr. Schmelzer, Heidelberg. — **Theorie der elastischen Streuung von Korpuskeln an zusammengesetzten Atomkernen.** Von S. Flügge, Marburg a. d. Lahn. — **Die Energieschemata der leichten Atomkerne.** Von U. Cappeller, Marburg a. d. Lahn. — Inhalt der Bände XI—XXV. Namen- und Sachverzeichnis.

Sechsundzwanzigster Band. Mit 110 Abbildungen. III, 439 Seiten. 1952. DM 66.—; Ganzleinen DM 69.—

Inhaltsübersicht: **Elektromagnetische Wellenleiter.** Von R. Honerjäger-Frankfurt a. M. — **Thermodynamisch-phänomenologische Theorie der irreversiblen Prozesse.** Von R. Haase-Marburg a. d. Lahn. — **Das Zwei-Nucleonen-Problem.** Von S. Flügge-Marburg a. d. Lahn. — **Das Schalenmodell des Atomkerns.** Von O. Haxel, J. H. D. Jensen-Heidelberg und H. E. Suess-Chicago. — **Feldmechanik des Elektrons und der Elementarteilchen.** Von H. Hönl-Freiburg i. Br. — **Die Theorie des Kristallwachstums.** Von O. Knacke und I. N. Stranski-Berlin. — Inhalt der Bände XI—XXVI. Namen- und Sachverzeichnis.

SPRINGER-VERLAG / BERLIN · GÖTTINGEN · HEIDELBERG

Herausgeber und verantwortlicher Redakteur: Professor Dr. Ernst Lamla, Göttingen. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Günter Holtz, Berlin W 35, Reichpietschufer 20. — Springer-Verlag, Berlin · Göttingen · Heidelberg. — Druck der Universitätsdruckerei H. Stürtz AG., Würzburg. — Printed in Germany.